Phys. g. 619 ≙ (4,2 Gehler
~~Nachschr 82~~

<36601791540011

<36601791540011

Bayer. Staatsbibliothek

Physikalisches Wörterbuch

IV. Band.

Zweite Abtheilung.

G.

Johann Samuel Traugott Gehler's

Physikalisches
Wörterbuch

neu bearbeitet

von

Brandes. Gmelin. Horner. Muncke. Pfaff.

BAYERISCHE STAATS-BIBLIOTHEK MUENCHEN

Vierter Band.

Zweite Abtheilung.

G.

Mit Kupfertafeln X bis XVIII.

Leipzig,
bei E. B. Schwickert.
1828.

Bayerische Staatsbibliothek München

Bayerische
Staatsbibliothek
München

BAYERISCHE STAATS- BIBLIOTHEK MUENCHEN

Gährung.

Fermentatio; fermentation; *fermentation*. Unter Gährung im weitesten Sinne versteht man die S. 3. dieses Bandes beschriebene Selbstentmischung der organischen Materien überhaupt, weſshalb die Fäulniſs bisweilen faulige Gährung genannt wird. Gährung im engeren Sinne jedoch begreift nur diejenigen Arten der freiwilligen Zersetzung, bei welchen einige vorzüglich nutzbare Producte hervorgehen. Hierher rechnet man 1. die *weinige* oder *geistige Gährung*, bei welcher verschiedene in einer wässerigen Lösung befindliche Arten von Zucker bei Gegenwart von einer kleberartigen Materie, dem Gährungsstoffe, und bei einer Temperatur von 10 bis 20° C. veranlaſst werden, sich in Kohlensäure, die sich als Gas entwickelt, und im Weingeist, welcher gröſstentheils in der Flüssigkeit bleibt, zu zersetzen. Auch die Brodgährung ist hierher zu zählen. 2. Die *saure*, oder *Essig-Gährung*, mittelst welcher der mit Wasser verdünnte Weingeist, bei Gegenwart eines ähnlichen Gährungsstoffs bei Zutritt von Luft und bei einer Wärme von 15 bis 30° C. unter Absorption von Sauerstoffgas und Entwickelung von Kohlensäure in Essigsäure verwandelt wird. 3. Unter *Zucker-Gährung* kann man die, ohne Kohlensäurebildung erfolgende Umwandlung von Stärkemehl in Zucker verstehen, welche bei der Darstellung des Biers und Fruchtbranntweins der weinigen Gährung vorausgeht. *G.*

Galaktometer.

Minder richtig Lactometer, Milchmesser (von γάλα, alt γάλαξ Milch und μέτρον Maſs), ein einfaches Werkzeug, um die Güte oder den Fettgehalt der Milch zu messen. Es besteht aus einigen Röhren (oder nach Johnson nur aus einer Röhre auf einem Piedestal[1] 1,5 bis 2 Z. weit und 11 Z. hoch,

1 Ann. of Phil. X. 304.

welche am untern Ende verschlossen und neben einander in ein Bret gestellt werden. In der Höhe von 10 Z. sind herabwärts 3 Z. von 0 anfangend in Zehntel-Zolle getheilt, so dafs also jede, auf das Glas geätzte oder geschnittene Abtheilung 0,01 Z. begreift. In diesen Röhren werden die verschiedenen zu prüfenden Milchsorten frisch und bei gleicher Temperatur gegossen, so dafs sie bis 0 reichen, und ruhig stehen gelassen, worauf sich die Fettigkeit absondert, und die Abtheilung, bis zu welcher dieselbe reicht, giebt die Procente derselben in der Milch an[1]. Der Apparat ist kein eigentlich physikalischer, und mag daher hier nur deswegen kurz erwähnt werden, weil seine Construction auf das hydrostatische Gesetz des Standes ungleich schwerer Flüssigkeiten gegründet ist. *M.*

Galvanismus.

Galvanismus; Galvanisme; *Galvanism.* Unter Galvanismus im weitesten Sinne des Wortes versteht man den Inbegriff aller Erscheinungen, welche von der Erregung der Elektricität durch blofse wechselseitige *Berührung* der Körper unter sich bei mannigfaltig möglicher Abänderung ihrer Aneinanderreihung abhängen, und sich auf diese Erregung theils als Bedingungen und Ursachen, theils als Folgen beziehen. Nach Verschiedenheit der Eigenschaften und Kräfte der Körper, welche theils zur Erregung der E. durch blofse Berührung beitragen, theils mit der auf diese Weise (galvanisch) erregten E. in Wechselwirkung treten, so wie nach der verschiedenen Art der Aneinanderreihung der Körper, sind diese Erscheinungen höchst mannigfaltig, und umfassen das ganze Gebiet der Natur. Insbesondere sind alle Modificationen der elektrischen und magnetischen Erscheinungen, die ganze Mannigfaltigkeit des chemischen Processes, und die Lebensthätigkeit erregbarer Organe in diesen Kreis mit eingeschlossen.

In ihrem ersten Auftreten bezeichnete man diese Erscheinungen mit dem Namen der *thierischen* und *animalischen Elektricität* (da man die zuerst bekannt gewordenen irriger Weise von einer dem Thiere eigenthümlichen E. ableitete) oder auch der *metallischen Elektricität*, ein unpassender Ausdruck, da

1 Journ. of Sc. and the Arts. III. 393.

auch ohne alle Mitwirkung von Metallen diese Erscheinungen hervorgerufen werden können. Angemessener werden sie durch die Benennung: Erscheinungen der *Berührungs-* oder *Contact-Elektricität* bezeichnet. Die Erscheinungen des *verstärkten Galvanismus* oder der mehrfachen Kette haben manche, da ihre Entdeckung das Verdienst des berühmten Volta, so wie die der einfachen Kette des Italieners Aloysius (Ludwig) Galvani ist, nach dessen Namen die Hauptbenennung geformt ist, durch den Ausdruck *Voltaismus* unterschieden, so wie man dann auch die Ausdrücke von *Galvanischer* oder *Volta'scher Elektricität* zur Bezeichnung jener durch bloſse Berührung erregten E. gebraucht hat, besonders in einem Zeitpuncte, in welchem die Ueberzeugung von der Identität derselben mit der gewöhnlichen Elektricität noch nicht allgemein war, und selbst ein galvanisches Fluidum als ein ganz eigenthümliches noch seine Rolle spielte. Das Adjectivum *galvanisch* ist auf ähnliche Weise zur Bezeichnung gewisser Hauptverhältnisse, die hier in Betracht kommen, benutzt worden. So versteht man unter *gal anischer Action* die Thätigkeit der durch bloſse Berührung der Körper unter sich erregten E. mit allen ihren mannigfaltig modificirten Folgen; unter *galvanischem Reize*, der auch wohl uneigentlich *Metallreiz* genannt wurde, die Einwirkung der galvanischen Action auf erregbare Individuen und ihre Organe, welche davon nach vitalen Gesetzen afficirt werden, und durch *galvanisiren* bezeichnet man endlich das in Thätigkeit setzen der E. auf jene eigenthümliche Weise zur Hervorbringung der mannigfaltigen Erscheinungen, die davon abhängen, besonders zur Reizung erregbare Organe.

Eine groſse Classe von galvanischen Erscheinungen, nämlich die magnetischen, welche durch die galvanisch erregte E. hervorgebracht werden, ist bereits unter dem Artikel *Elektromagnetismus*[1] abgehandelt worden. Demungeachtet bleibt noch eine auſserordentliche Masse von interessanten Thatsachen übrig. Ich hoffe am besten für die Uebersicht und Deutlichkeit gesorgt zu haben, wenn ich erst eine kurze historische Uebersicht der Entdeckungen vorausschicke, dann sowohl die Erscheinungen des einfachen als des verstärkten Galvanismus in systematischer Hinsicht abhandle, und am Ende die wichtig-

1 S. Bd. III. S. 472.

sten Theorien dieser Erscheinungen darstelle und kritisch prüfe. Um jedoch diesen Artikel nicht zu sehr zu überladen, werde ich der umständlichen Beschreibung der Apparate, durch welche der verstärkte Galvanismus erhalten wird, so wie der von ihnen abhängigen Erscheinungen einen eigenen Artikel: *Säule, Volta'sche*, widmen.

Geschichte des Galvanismus.

So mannigfaltig auch die galvanischen Erscheinungen sind, und so vielfach sie immerfort im stillen Haushalte der Natur vor sich gehen, so blieben sie doch den Naturforschern bis auf die neuesten Zeiten verborgen, vorzüglich darum, weil sie unter den gewöhnlich im Naturlaufe vorkommenden Bedingungen nur durch ihr Product in längerer Zeit auffallend werden, und dieses Product an und für sich von denjenigen nicht verschieden ist, welche man von bereits bekannten, vorzüglich chemischen, Kräften abzuleiten gewohnt war. Die erste im engern Sinne galvanische Erscheinung die aus den bekannten Eigenschaften der Körper nicht zu erklären, und eben darum geeignet war, die Naturforscher auf die Spur dieser grofsen Naturthätigkeit zu leiten, findet sich von J. G. Sulzer angeführt. Zur Unterstützung einer von ihm in seiner Theorie der angenehmen und unangenehmen Empfindungen[1] aufgestellten Hypothese, dafs auch die Geruchs- und Geschmacks-Nerven, um ihre Empfindungen zu erhalten, durch eine Folge von Schlägen (pulsations) afficirt werden, findet sich in einer Anmerkung zu S. 82. folgende merkwürdige Stelle: „diese Hypothese scheint durch eine ganz merkwürdige Erfahrung bestätigt zu werden. Wenn man zwei Stück Metall, ein bleiernes und ein silbernes, so mit einander vereinigt, dafs ihre Ränder eine Fläche ausmachen und man bringt sie an die Zunge, so wird man einen gewissen Geschmack daran merken, der dem Geschmacke des Eisenvitriols ziemlich nahe kommt, da doch jedes Stück be-

1 Diese Abh. ist in den Mém. de Berlin 1760 in franz. Sprache abgedruckt, aber auch unter obigem Titel in einer deutschen Uebersetzung erschienen. Berlin 1762. Vergl. Dessen vermischte Schriften zur Beförderung der schönen Wissenschaften und freien Künste 5ter Band und Göttinger Taschenkalender für 1794. S. 186, wo diese Stelle zuerst der Vergessenheit entrissen worden ist.

sonders nicht die geringste Spur von diesem Geschmacke hat. Nun ist es nicht wahrscheinlich, daſs bei dieser Vereinigung der beiden Metalle von dem einen oder andern eine Auflösung vorgehe, und die aufgelösten Theile in die Zunge eindringen. Man muſs also schlieſsen, daſs die Vereinigung dieser Metalle in einem von beiden oder in allen beiden eine zitternde Bewegung in ihren Theilchen verursache, und daſs diese zitternde Bewegung, welche nothwendig die Nerven der Zunge rege machen muſs, oberwähnten Geschmack hervorbringe." Indeſs blieb dieser merkwürdige galvanische Geschmacksversuch, den Volta einige 30 Jahre später wieder anstellte und in seine gehörige Verknüpfung brachte, so wie der interessante Wink Sulzer's ganz unbeachtet.

In der ersten Periode der galvanischen Entdeckungen hat man auch eine sonderbare Erfahrung des berühmten Arztes und Professors der Anatomie zu Neapel Dr. Cotugni hierher ziehen wollen, welche derselbe in einem Briefe vom 3. Oct. 1784 dem Ritter Virenzio mitgetheilt hatte [1]. Es hatte derselbe eine kleine Hausmaus mit dem Daumen und Zeigefinger an der Rückenhaut angefaſst und mit dem Unterleibe aufwärts gehalten, um sie lebendig zu anatomiren. Kaum war ein Theil der Haut durchschnitten, als die Maus den Schwanz heftig gegen seinen dritten Finger bewegte, und ihm einen Stoſs durch den ganzen Arm mit einem innern Zittern, Schmerz in der Schulter und Erschütterung des Kopfes beibrachte. Dieser Krampf hielt über eine Viertelstunde an und der Beobachter gesteht, daſs schon die Erinnerung daran ihm Abscheu erwecke. Diese isolirte Erfahrung bleibt immer schwierig zu erklären. Sie würde sich am unmittelbarsten an die Erscheinungen der el. Fische anschlieſsen, wenn sonstige Erfahrungen etwas Aehnliches in der Classe der höheren Thieren nachgewiesen hätten. Immerhin wäre es möglich, daſs die von Todesangst ergriffene Maus ihren Schwanz mit solcher Heftigkeit (Geschwindigkeit) gegen die Finger des Beobachters bewegte, daſs die bloſse mechanische Einwirkung, die vielleicht zufälliger Weise auf einen einzelnen Nervenzweig unmittelbar traf (wie dieses öfters bei dem Anstoſsen mit dem Ellbogen eine so unangenehme

1 Goth. Magazin für das Neueste aus der Physik u. s. w. VIII. Bd. 3tes St. S. 121.

Empfindung hervorbringt) verbunden mit dem Unerwarteten, solche Wirkungen hervorzubringen im Stande war. Auf jeden Fall hat eine eigentlich galvanische Action keinen Theil daran gehabt.

Erst im Jahre 1790 bot ein günstiger Zufall die interessante Entdeckung, die die Wurzel dieser ganzen Lehre wurde, dem Italiener LUDWIG GALVANI, Professor der Anatomie zu Bologna dar, wie er selbst in der Schrift erzählt, in welcher er seine dadurch veranlaſsten Versuche und Folgerungen bekannt machte[1]. Eines Abends, als GALVANI in Gesellschaft einiger Freunde sich auf seinem Zimmer mit Versuchen beschäftigte, wollte es der Zufall, daſs mehrere enthäutete Frösche (die nach ALIBERT[2] eigentlich zu Brühen für Galvani's kranke Gattin bestimmt waren) auf einem Tische lagen, wo zugleich eine Elektrisirmaschine sich befand. Ohne etwas dadurch zu beabsichtigen, brachte ein Gehülfe die Spitze des Scalpells an die Crural-Nerven eines solchen Frosches, und sah mit Erstaunen, daſs in demselben Augenblicke die Schenkelmuskeln sich convulsivisch zusammenzogen. Ein anderer (oder wie ALIBERT und SUE[3] nach genauen Privatnachrichten angeben, GALVANI's eigene Gattin, worauf auch ein zu Ehren dieser Entdeckung verfertigtes italienisches Sonnett hinweist) glaubte zu bemerken, daſs diese Zuckungen nur dann erfolgten, wenn in demselben Augenblicke aus dem vom Frosche ziemlich entfernten Conductor der Elektrisir-Maschine ein Funke ausgezogen wurde. Man (oder nach ALIBERT, GALVANI's Gattin) eilte die seltsame Erscheinung GALVANI (ihrem Gatten), der so eben das Zimmer verlassen hatte, zu hinterbringen. Er fand durch wiederholte Versuche diese Abhängigkeit der Zuckungen bei Berührung der Crural-Nerven mit der Messerspitze von dem Ausziehen des Funkens aus dem Conductor vollkommen bestätigt. Wäre GALVANI damals mit den Gesetzen des el. Einflusses oder der Atmosphären-Wirkung und der Kraft der el. Strömung als eins der wirksamsten

1 A. Galvani de viribus el. in motu musculari commentarius. In Comm. Acad. Bononiensis VII. vom Jahre 1791, wieder gedruckt in einer Schrift seines Neffen Aldini Aloysi Galvani etc. Cum Joannis Aldini Dissertatione et notis. Mutinae 1792.

2 Éloge historique de Louis Galvani par J. L. ALIBERT p. 87.

3 Geschichte des Galvanismus nach SUE bearbeitet von DR. J. C. L. REINHOLD. Leipzig 1803. S. 8.

Nervenreize vorzüglich in Hervorbringung von Zuckungen, wie sie damals schon constirten, vollkommen bekannt gewesen, so würde das anscheinend Seltsame und Aufserordentliche der Erscheinung auch sogleich für ihn aufgehört haben, und die ferneren Versuche, die erst zu galvanischen Erscheinungen führten, würden dann schwerlich von ihm angestellt worden seyn. Man übersieht nämlich leicht, dafs die Berührung der Nerven mit einem guten Leiter, wie einem Scalpell, in dem Augenblicke, dafs der Funke aus dem Conductor ausgezogen wurde, und folglich die Ursache aufhörte, welche vorher das el. Gleichgewicht gestört hatte, die Bedingung lieferte, unter welcher dieses Gleichgewicht durch schnelles Zuströmen der mit derjenigen des Conductors gleichnamigen und von ihm vorher zurückgetriebenen E. augenblicklich wieder hergestellt werden konnte, welches schnelle Ein- und Durchströmen von E. in den Nerven den wirksamen Reiz bildet. Glücklicher Weise bot sich Galvani diese Erklärung nicht dar, vielleicht auch darum nicht, weil er in diesen auffallenden Erscheinungen eine Bestätigung seiner Lieblingshypothese von einer den Thieren eigenthümlichen E. sah. Er verfolgte daher diese Versuche weiter, und prüfte unter andern auch den Einflufs der Luft-Elektricität auf die Erzeugung der Zuckungen in den Froschpräparaten. In dieser Absicht hatte Galvani mehrere zubereitete Froschextremitäten an dem eisernen Gitter eines Gärtchens aufgehangen; es erfolgte aber, so lange er auch wartete, kaum die leiseste Zuckung. Des langen Harrens müde wog er die Metalldrähte, welche durch das Rückenmark des Thieres gestochen waren, gegen das Gitter zurück, um vielleicht auf diese Art durch Zuführung der atmosphärischen E. durch dasselbe seinen Zweck zu erreichen, und in der That erhielt er jetzt starke Zusammenziehungen der Muskeln; die jedoch nach allen übrigen Umständen zu schliefsen, mit den Veränderungen der atmosphärischen E. in keinem Verhältnifs zu stehen schienen. Um sich hiervon völlig zu überzeugen, wiederholte Galvani in einem wohl verschlossenen Zimmer zu verschiedenen Stunden des Tages dieselben Versuche, indem er das Froschpräparat auf eine eiserne Scheibe legte und den in das Rückenmark gesenkten Haken in Berührung damit brachte, wo sich dann bei jedesmaliger Berührung lebhafte Zusammenziehungen zeigten. Diese, im eigentlichen Sinne galvanischen, Ver-

suche wurden nun noch weiter von ihm verfolgt und führten ihn zu seiner Hypothese einer eigenthümlichen thierischen E. der Muskeln, welche letztere er mit einer Leidener Flasche verglich, die durch den leitenden Bogen, durch welchen die Kette geschlossen wird, von deren Schliefsung das Eintreten der Zuckungen abhängt, entladen werde.

Man kann alle ferneren Entdeckungen, zu welchen Galvani auf diese Weise die Bahn gebrochen hatte, unter zwei Perioden bringen, nämlich diejenige von 1791 — 1800 oder die Periode des *einfachen Galvanismus*, und die Periode vom Jahre 1800 an, wo Volta seine wichtige Entdeckung des *verstärkten Galvanismus* oder der Säule bekannt machte. In dem ersten Zeitraume bezogen sich die Versuche fast ausschliefsend auf einfache galvanische Ketten, in welchen mit Nerven begabte Theile, insbesondere Muskeln kaltblütiger Thiere (Froschpräparate) als Glieder eingingen, und diese Theile dienten durch die sichtlichen Veränderungen, die sie erlitten, insbesondere die Muskeln durch ihre Zusammenziehungen als Reagenten für den Grad, die Art, und die Richtung der hierbei thätig werdenden Kraft, über deren eigentliches Wesen es jedoch in diesem ersten Zeitraume zu keiner völligen Einstimmigkeit unter den Physikern kam.

Es war zu erwarten, dafs die Entdeckung Galvani's ein sehr grofses Aufsehen erregen und überall zur Bestätigung durch wiederholte Versuche und weitere Ausbildung derselben auffordern würde. Unter seinen Landsleuten war es vor allen Alexander Volta, der gleich vom ersten Anfange an mit einem seltenen Scharfblicke in die verborgenen Tiefen dieser Erscheinung eindrang, als der geübteste Elektriker seiner Zeit ihre Beziehungen zu der allgemeinen E. richtig erkannte, und Galvani's Hypothese von einer *eigenthümlichen thierischen* E. schon in seiner ersten Abhandlung[1] bestritt. Diese Hypothese fand aber in den ersten Jahren noch eifrige Vertheidiger an einigen Landsleuten[2] Galvani's, namentlich an Carminati,

1 Memoria sull Ellettricita animale. Discorso recitato nel aula dell' Universita in occassione di una Promotione il die 5 Maggio 1792. Deutsch Alex. Volta's Schriften über die thierische Elektricität, herausgegeben von Dr. Mayer. Prag 1793.

2 Lettere sopra l'elettricita animale al Sign. Caval. Felice Fontana 1793.

Carradori, Euseb. Vallo[1], Aldini[2], und Galvani selbst trat in einer anonymen Schrift[3] von neuem zur Behauptung einer eigenthümlichen thierischen E. auf. Ein Hauptpunct in diesem Streite war nämlich, ob die Zuckungen auch ohne alle Mitwirkung der Metalle durch Schliefsung einer aus blofs thierischen Theilen bestehenden Kette in sich selbst erregt werden könnten, welches durch letztere Schrift, so wie durch Aldini's Versuche aufser allen Zweifel gesetzt wurde. Diese wichtige Thatsache diente Galvani's Theorie zur Hauptstütze, und sie wurde nebst noch andern Gründen für dieselbe zuletzt im Jahre 1797 von dem ersten Entdecker in einigen Briefen an den Abt Spallanzani gegen Volta's Ansichten geltend gemacht[4]. Indefsen wurden diese Gegengründe von Volta in Briefen an Aldini vom Jahre 1798 siegreich widerlegt[5] und dienten nur dazu, seiner sinnreichen el. Theorie von dem Vorgange in der galvanischen Kette, die er in mehreren auf einander folgenden Abhandlungen[6] in ein immer helleres Licht gesetzt hatte, gleichsam die letzte Vollendung zu ertheilen. Die wichtigste galvanische Entdeckung Volta's, die noch in diesen Zeitpunct fällt, ist die wirkliche Nachweisung der durch die Berührung der Metalle unter einander, so wie mit feuchten Körpern er-

1 Nach mehreren kleineren Abhandlungen erschien ein gröfseres Werk von demselben: Experiments on animal electricity with their application to physiology.

2 J. Aldini Dissert. duae Bononiae 1794.

3 Dell' Uso e dell' Attività dell' Arco Conduttore nelle contrazioni dei Muscoli. In Bologna 1794.

4 Memorie sull ellettricita animale di L. Galvani al celebre Abbate Lazaro Spallanzani. Aggiunte alcune sperienze di G. Aldini. Bologna 1797. 4. c. Fig.

5 In Brugnatelli's Annali di Chimica Tome XVI, und daraus übersetzt in Ritter's Beiträgen zur nähern Kenntnifs des Galvanismus. 2ter Band. 3tes und 4tes Stück. S. 3.

6 Sie finden sich in den Annali di Chimica von Brugnatelli vom Jahre 1794 an, und die wichtigsten sind drei Briefe an den Abt Vassalli, wovon die zwei ersten in Gren's neuem Journale der Physik Bd. II. 1795. S. 141 ff. und der dritte als Volta's Schriften an den Herrn Abt Vassalli über die thierische Elektricität, herausgegeben von Dr. Mayer. Prag 1796 erschienen sind, so wie zwei Briefe an Gren übersetzt in dessen Neuen Journal der Physik. III. 480. und IV. 107—130.

regten E., worüber mehrere an GREN gerichtete Briefe[1], so wie auch jene oben erwähnten Briefe an ALDINI die ausführlichste Darstellung enthalten.

In *Deutschland* wurde die erste Nachricht von GALVANI's wichtiger Entdeckung durch Dr. J. F. ACKERMANN in Mainz in der medicinisch-chirurgischen Zeitung mitgetheilt, und die ersten deutschen Aerzte und Physiker, welche die von ihnen über diesen Gegenstand angestellten Versuche, wodurch jedoch keine neuen Thatsachen oder Aufschlüsse gewonnen wurden, bekannt machten, waren C. C. CREVE[2], ED. JOH. SCHMUCK[3], GREN[4] und REIL[5]. Indem ich selbst gerade damals meine medicinische Inauguraldissertation auszuarbeiten hatte, so wählte ich diesen Gegenstand zum Thema derselben[6], und es muſs mir damals gelungen seyn, diesen Gegenstand in einer lichtvollen Ordnung darzustellen, da der Dissertation das Glück zu Theil wurde, sowohl in GREN's Journale der Physik, als auch in dem Supplementbande der zweiten Ausgabe dieses Wörterbuches übersetzt zu erscheinen. Meine vorzügliche Bemühung war dahin gerichtet, die allgemeinsten Bedingungen und Gesetze dieser neuen Erscheinungen aus den Versuchen anderer sowohl als meinen eigenen festzusetzen, und daraus die Ursache derselben, so wie die Wirkungsart dieser Ursache zu bestimmen. Ich erklärte mich schon damals für eine, von der Mitwirkung der thierischen Organe ganz unabhängige, nur durch die Wechselwirkung der Metalle und der Feuchtigkeit erregte E., kurz für VOLTA's Ansicht, so weit sie damals bekannt war, verfolgte diese ersten Untersuchungen noch weiter, und gab im Jahre 1795 ein gröſseres Werk heraus[7], in welchem

1 S. Brugnatelli Ann. di Chim. cet. Tom. XIII. und XIV. von den Jahren 1796 und 1797.

2 Beiträge zu Galvani's Versuchen über die Kräfte der thierischen Elektricität auf die Bewegung der Muskeln 1792.

3 Beiträge zur nähern Kenntniſs der thierischen Elektricität. Mannheim 1792.

4 Journal der Physik 1792. VI Bd. III Heft. S. 402. und VII Bd. III Heft. S. 323.

5 Ebend. VI Bd. III Heft. S. 411.

6 Dissertatio inaug. medica de Electricitate sic dicta animali. Auctore C. H. PFAFF. Stuttgardiae 1793.

7 Ueber thierische Elektricität und Reizbarkeit. Leipzig 1795.

alles, was damals über diesen Gegenstand bekannt geworden war, sich zusammengestellt findet. Eine noch umfassendere, viele neue Thatsachen enthaltende Schrift, erschien im Jahre 1797 von Alex. v. Humboldt [1]. In keiner Sbhrift sind die mannigfaltigen Abänderungen der galvanischen Ketten, in welche thierische Theile als Glieder eingehen, mit solcher Vollständigkeit abgehandelt, und alle Thatsachen in Rücksicht auf diese so genau festgesetzt, ohne daſs jedoch ein neuer wichtiger Schritt vorwärts dadurch gemacht worden wäre. Vielmehr wurde der berühmte Verfasser zu irrigen Schlüssen verleitet, indem er das diesen Erscheinungen zum Grunde liegende Agens als ein von der E. verschiedenes ganz eigenthümliches erklärte, das von den thierischen Theilen selbst ausgehe, und diese Erscheinungen als der Sphäre des Lebens selbst im engern Sinne angehörig betrachtete. Vorzüglich zu rühmen ist in diesem Zeitpuncte unter den Deutschen J. W. Ritter, dessen erste Abhandlung über diesen Gegenstand vom Jahre 1797 herrührt [2], und dessen andere, im Jahre 1798 im Drucke erschienen, nächst den Schriften Volta's die bedeutendste auf dem damaligen Standpuncte dieser Entdeckung ist. Alle Abänderungen der Ketten sind in dieser Schrift unter ihre Hauptclassen geordnet, die allgemeinsten Gesetze für die Wirksamkeit und Unwirksamkeit derselben aufgestellt, und durch viele neue Erfahrungen ist der Beweis vollständig geführt, daſs in einer geschlossenen galvanischen Kette eine fortdauernde Thätigkeit von gleicher Art, als diejenige, die durch die Schlieſsung eingeleitet werde, statt finde, ein Beweis, der sich vorzüglich auch auf die Entdeckung einer eigenthümlichen Modification der Reizbarkeit in den Muskeln stützte, welche selbst, oder deren Nerven, Glieder geschlossener Ketten bilden, eine Entdeckung, welche noch wichtige Früchte tragen kann, wenn sie von sorgsamen Händen gepflegt wird.

In *Frankreich* hat Galvani's Entdeckung in dieser ersten Periode kein besonderes Interesse eingeflöſst, wenigstens ist

1 Versuche über die gereizte Muskel- und Nerven-Faser nebst Vermuthungen über den galvanischen Proceſs des Lebens. 2 Bde. Posen und Berlin 1797.

2 Ueber den Galvanismus; in dessen phys. chem. Abhandl. 1806. I. Bd.

diese Lehre von den französischen Naturforschern nicht bereichert worden. Erst im Jahre 1798 wurde eine Commission des National-Instituts bestehend aus den Bürgern COULOMB, SABATHIER, PELLETAN, CHARLES, FOURCROY, VAUQUELIN, GUYTON und HALLÉ niedergesetzt, welche einen ausführlichen Bericht[1] über die von ihr angestellten Versuche an das National-Institut abstattete, in welchem die wichtigsten Erscheinungen, die sich auf die Erregung von Muskelzusammenziehungen durch galvanische Ketten beziehen, abgehandelt sind, und der Einfluſs der abgeänderten Bedingungen vorzüglich unter den zwei Hauptrubriken des thierischen und des erregenden Bogens mit Klarheit entwickelt ist, ohne daſs jedoch zu den durch die Bemühungen der Naturforscher anderer Länder schon damals ausgemittelten Thatsachen etwas wesentlich Neues hinzugefügt worden wäre. Auch äuſserten die Commissarien über die eigentliche Ursache dieser Erscheinungen keine ganz entschiedene Meinung, woran vorzüglich der Umstand Schuld war, daſs ALEX. v. HUMBOLDT, der sich ihnen später beigesellt hatte, damals noch seiner Hypothese von einem eigenthümlichen galvanischen Agens und einer unmittelbaren Beziehung desselben auf die Lebenskraft ergeben war, und die Commissarien durch gewisse scheinbare Verschiedenheiten zwischen diesem Agens und der E., vorzüglich was das Leitungsverhältniſs der Körper für dasselbe betraf, dieser Hypothese geneigt machte. Auſser dieser Arbeit verdient nur noch Erwähnung LE HOT's Theorie[2] des einfachen Galvanismus gegründet, auf neue Versuche, die übrigens im Wesentlichen mit den von VOLTA schon früher vorgetragenen in Betreff der Circulation eines Fluidums in der galvanischen Kette, nach einer von der wechselseitigen Lage der Kettenglieder abhängigen Richtung übereinstimmt, in demjenigen Puncte aber, der ihre Eigenthümlichkeit ausmacht, daſs sich nämlich das galvanische Fluidum beim Durchgange der mit Armaturen versehenen Organe anhäufe, offenbar unrichtig ist. In gewisser Hinsicht gehört diese Abhandlung in den zweiten Zeitraum, da sie erst im Dec. 1800 im National-Institute vorgelesen worden war.

1 Uebersetzt in Ritter's Beiträgen zur näheren Kenntniſs des Galvanismus 1sten Bandes 1stes u. 2tes Stück. S. 1.

2 Aus den Ann. de Chim. Tome XXXVIII. in G. IX. 188.

In *England* wurde die neue Entdeckung zuerst durch zwei Briefe ALEX. VOLTA's vom 13. Sept. und 25. Oct. an TIBERIUS CAVALLO[1] bekannt, in welchen nicht blofs ein ausführlicher Auszug aus GALVANI's Schrift mitgetheilt, sondern auch die Volta'sche Ansicht von der Bewegung der E. durch die eigenthümliche Einwirkung der Metalle dargelegt und auf die ihm eigenthümlichen neuen Versuche gestützt ist, unter welchen sich auch der Zungenversuch befindet. Die wichtigste Arbeit aus diesem Zeitpuncte von brittischen Gelehrten verdankt man RICHARD FOWLER[2], der wie es scheint unabhängig von andern manche Verhältnisse der Kette entdeckte, namentlich die Empfindung eines Blitzes in den Augen, die Erregung des Herzens unter bestimmten Bedingungen, den Einflufs der Unterbindung der Nerven unter verschiedenen Umständen auf die Entstehung der Zuckungen in den Muskeln. Indefs wurde FOWLER durch einige irrige Beobachtungen, namentlich dafs *die Holzkohle* kein Leiter der in der galvanischen Kette thätigen *Kraft* ist, so wie durch die falsche Deutung einiger anderer Versuche[3] zu dem Resultate geleitet, dafs die galvanische Influenz, wie er die hierbei thätige Kraft nennt, verschieden von der E. sey. ALEX. MONRO[4] kam durch wenigere aber sinnreich angestellte Versuche zu der Folgerung, dafs die in der galvanischen Kette in Bewegung gesetzte Flüssigkeit die gröfste Uebereinstimmung mit der E. habe und wohl einerlei mit dieser, die Nervenkraft selbst aber ganz verschieden davon sey, und dafs jene in der Kette in Bewegung gesetzte Flüssigkeit blofs als ein Reiz für dieselbe wirke und dadurch die Zuckungen hervorbringe. Ueber die Kraft, durch welche die el. Materie in Bewegung gesetzt werde, blieb er aber im Dunkeln, so wie er auch noch den Irrthum mit andern theilte, dafs in der geschlossenen Kette keine weitere Thätigkeit statt finde, sondern

1 Ph. Tr. for 1793. S. 1.

2 Experiments and observations relative to the Influence lately discovered by Mr. Galvani and commonly called animal Electricity. Edinb. and London. 1793. 8. ins Deutsche übersetzt. Leipz. 1796. 8.

3 Vergl. meine Schrift über thierische Elektricität und Reizbarkeit. S. 383.

4 Experiments on the nervous System übersetzt unter dem Titel: Alex. Monro's und Richard Fowler's Abhandlung über thierische Elektricität u. s. w. Leipzig 1796.

ein Gleichgewicht eingetreten sey. Im Jahre 1795 machte Dr. Well eine Abhandlung über diesen Gegenstand bekannt[1], welche die wichtige Thatsache enthielt, dafs Metalle durch Reiben an Metallen oder andern Substanzen, z. B. an Seide, Wolle, Leder, Fischhaut, an der flachen Hand, Siegellack, Marmor u. s. w. fähiger gemacht werden, Zusammenziehungen zu erregen, eine Erfahrung, welche später Volta bestätigte und so vortrefflich zur festern Begründung seiner Theorie der el. Strömung in der Kette benutzte. Auch bestätigte Dr. Well gegen Fowler die schon früher von Volta gemachte Erfahrung von der leitenden Kraft der Holzkohle für das in diesen Versuchen in Bewegung gesetzte Agens, und erklärte sich für die Identität desselben mit der E. Endlich stellte Cavallo in einem im Jahre 1795 erschienenen Supplementbande zu seinem Compleat Treatise on Electricity alle damals vorzüglich in England bekannt gewordene Thatsachen über die thierische E. in einer eigenen Abhandlung zusammen[2].

Die bisher angeführten Forschungen bezogen sich sämmtlich nur auf Erscheinungen, welche die Berührungselektricität in dem Gebiete des Lebens veranlafst; stets waren es erregbare thierische Organe, welche als Reagentien für die Wirksamkeit dieser Kraft dienten, wobei das Urtheil immer noch schwankend bleiben mufste, ob diese Kraft auch unabhängig von der Mitwirkung dieser Organe sich noch durch anderweitige Reagentien entdecken und in Erscheinungen nachweisen lasse, an denen die Lebenskraft gar keinen Theil nimmt. In dieser Hinsicht waren aufser der schon oben angeführten wichtigen Entdeckung Volta's über die Elektricitätserregung durch wechselseitige Berührung der Metalle, von grofsem Interesse die in diesem Zeitraume schon einzeln gemachten Erfahrungen über chemische Veränderungen, welche beim Ausschlusse aller thierischen Theile nach denselben Gesetzen einer geschlossenen galvanischen Kette erfolgen, nach welchen in den gewöhnlichen Versuchen Zuckungen und Empfindungen erregt werden. Die ersten Versuche dieser Art rühren von Fabbroni in Florenz her, welche er schon 1792 der Akademie zu Florenz mit-

1 Phil. Trans. for the year 1795. P. II. p. 246. übersetzt in Gren's N. J. d. Ph. III. 441.

2 Uebersetzt im 2ten Bande der 4ten deutschen Ausg. S. 247 ff.

theilte, sie aber erst im Jahre 1799 bekannt machte[1]. Er fand nämlich, daſs wenn zwei Metalle unter Wasser sich wechselseitig berühren, d. h. zur Kette mit einander geschlossen sind, das mehr oxydirbare derselben sich viel schneller, und auch wohl nur allein unter dieser Bedingung oxydire, als wenn die Metalle einzeln, oder auch beide, aber durch eine Glasplatte von einander getrennt, sich unter dem Wasser befinden. Fabbroni brachte andere ähnliche Erscheinungen, nämlich die schnellere Oxydation der Metalllegirungen, der Löthungsstellen und dergl. damit in Beziehung. Indeſs leitete er diese Oxydation nicht von der in Bewegung gesetzten el. Materie ab, sondern sah umgekehrt die Oxydation als den Reiz an, der in den ächten galvanischen Versuchen, namentlich in den Sulzer'schen Zungenversuchen und in dem Lichtversuche thätig sey, und stützte diese Behauptung auch auf die von ihm, wie es scheint, zuerst gemachte Beobachtung eines fortdauernden Lichtzustandes *im Auge*, so lange das sich oxydirende Metall auf dasselbe *einwirkt*, was sich aus einer augenblicklich statt findenden Elektricitätserregung seiner Meinung nach nicht erklären lasse.

Unabhängig von Fabbroni beobachtete auch Dr. Asch zu Oxford die auffallende Beförderung der Oxydation des Zinks, wenn dasselbe im befeuchteten Zustande auf befeuchtetes Silber gelegt werde und unter denselben Umständen auch die Beförderung der Oxydation des Bleies auf Quecksilber und des Eisens auf Kupfer. Alex. v. Humboldt, der diese Versuche des Dr. Asch bekannt machte[2], bestätigte sie durch Wiederholung, nahm dabei eine wirkliche Wasserzersetzung an, die durch das Zusammenbringen der Metalle befördert werde, wuſste aber, befangen in seinem Irrthum von einem eigenen galvanischen Fluidum, die Erscheinung nicht zu deuten. J. W. Ritter erweiterte aber diese Versuche in einem groſsen Umfange, von denen er schon im Jahre 1799 einige bekannt machte[3], durch die nicht bloſs die Bedingungen auf das genaueste ausgemittelt wurden, unter welchen die Oxydation erfolgte, sondern

1 Ueber die chemischen Wirkungen der Metalle auf einander bei der gewöhnlichen Temperatur der Atmosphäre von Fabbroni in G. IV. 428.

2 Vers. über die gereizte Muskel- und Nervenfaser 1r Bd. S. 472.

3 G. II. 80, später in seinen Beiträgen zur nähern Kenntniſs des Galvanismus. Bd. I. Jena 1800. S. 111 ff.

welche zugleich den vollständigsten Inductionsbeweis lieferten, daſs dieser Proceſs ganz nach galvanischen Gesetzen erfolge, nach denselben Gesetzen nämlich, nach welchen die Muskelzusammenziehungen durch galvanische Ketten erregt werden.

So manche Dunkelheiten, welche dieses Gebiet von Erscheinungen bei so vielen mit unermüdetem Eifer fortgesetzten Forschungen immer noch verhüllten, insbesondere aber alle Ungewiſsheit über die wahre Natur der hierbei thätigen Kraft wurden aber nun auf einmal zerstreut durch die glänzendste und folgereichste Entdeckung der neuern Physik, durch den groſsen Schritt, den Volta nach seiner eigenen Versicherung am Ende des Jahres 1799 gethan hatte, und wovon die erste öffentliche Nachricht in einem Briefe desselben aus Como vom 20. März 1800 an den Präsidenten der Königl. Societät in London enthalten ist[1], durch die Erfindung seiner Säule oder die Entdeckung des verstärkten Galvanismus. Wenn gleich Volta nirgend genau angegeben hat, wie er eigentlich auf diesen letzten Schritt geleitet worden ist, so lag es doch in dem Gange seiner Untersuchungen, daſs er ihn früher oder später thun muſste, und daſs unter den mannigfaltigen Combinationen, die sein Eifer der Untersuchung unterwarf, um den elektrischen Vorgang, den sein genialer Scharfsinn so frühe im Beginnen dieser Forschungen erkannt hatte, und die Gesetze desselben in ein immer helleres Licht zu setzen, früher oder später auch diejenige vorkommen muſste, die das Wesen seiner Säule bildet. In sofern kann man behaupten, daſs die groſse Entdeckung der Hauptsache nach dem Geiste angehört, der seine Ideen experimentirend prüft und verfolgt. Man findet nur in einer einzigen der in der ersten Periode erschienenen Schriften eine Art von Annäherung zu dieser Entdeckung, nämlich in dem Anhange zu Fowler's oben angeführter Schrift in einem Briefe Robison's: „Ich verschaffte mir," heiſst es daselbst, „mehrere Stücke Zink von der Gröſse eines Schillings, und legte sie mit eben so vielen Schillingen abwechselnd auf einander in Form einer kleinen Geldrolle. Eine solche Vorrichtung, finde ich, vermehrt in einigen Fällen den Reiz beträchtlich, und ich erwarte von einem ähnlichen Verfahren eine noch gröſsere Ver-

1 On the Electricity excited by the mere contact of conducting Substances of different Kinds. Ph. Tr. for 1800. p. 402.

stärkung desselben. Bringt man die eine Seite von einem solchen Röllchen auf die Zunge, so dafs diese alle einzelnen Stücke davon berührt, so ist der Reiz sehr stark und unangenehm. Cavallo[1] hob auch diese Beobachtung als eine vorzüglich merkwürdige in seiner Abhandlung von der thierischen E. hervor. Man sieht wohl, dass zur eigentlichen Säule die feuchten Zwischenleiter hier fehlten, und dafs die Verstärkung des Effects eigentlich nur von den vielen einzelnen Ketten, von denen nämlich jede durch ein Paar der Metallstücke, und den Theil der Zunge, der dasselbe berührte, gebildet wurde, abhing. Auch wurde dieser schon im Jahre 1793 gegebene Wink nicht weiter verfolgt.

In seiner ersten Abtheilung ertheilte Volta vorzüglich eine genaue Anweisung zur Construction seiner Säule, beschrieb auch eine Abänderung seines Apparats, den sogenannten Tassen-Apparat, liefs sich in ein sehr genaues Detail über die Erschütterungen und anderweitige Sensation ein, die von der Einwirkung desselben auf die verschiedenen Sinnesorgane abhängen, und erklärte alle diese Erscheinungen auf dieselbe Weise aus dem verstärkten el. Strome von einem Ende (Pole) der Säule zum andern durch den Körper hindurch, welcher eine leitende Verbindung zwischen diesen beiden Enden macht, wie schon früher die Erscheinungen der einfachen Kette. Die Anhäufung und Verstärkung der E. durch diesen neuen Apparat bewies er noch überdies durch den Condensator, mit dessen Hülfe er die E. seines Apparates in deutlichen Funken darstellte. Er ertheilte ihm daher auch den Namen eines elektromotorischen Apparats, und verglich ihn mit den el. Organen des Krampfrochens, bei denen er eine ähnliche Construction und Wirkungsart annahm. Von eigentlichen Funken unmittelbar aus der Säule, von Anziehungs- und Abstofsungserscheinungen, an den Polen und von den chemischen Wirkungen der Säule ist aber in dieser Abhandlung nicht die Rede. Diese letzteren wurden sogleich von den englischen Physikern, die zuerst Volta's Versuche wiederholten, beobachtet, insbesondere die so merkwürdige Wasserzersetzung zuerst von Carlisle und zwar zufällig[2], als ein Tropfen Wasser auf die obere Platte gebracht

1 Vollst. Abh. 2ter Bd. S. 284.

2 S. Nicholson's Beschreibung u. s. w. in G. VI. 340.

worden, um der Berührung gewisser zu seyn, und die Schliefsung durch den negativen Draht in diesem Tropfen geschah, wo sich dann um denselben ein Gas entwickelte, das sich durch den Geruch als Wasserstoffgas zu erkennen gab und dann zu weitern Versuchen führte; dann verschiedene andere chemische Wirkungen der Säule durch Cruikshank, Henry u. a. Noch bemerkten die englischen Physiker zuerst den Funken der Volta'schen Säule, namentlich Nicholson an einer Säule von 100 Kronenstücken und Zinkscheiben, deren Tuchscheiben mit Kochsalzauflösung getränkt waren, im Finstern und mit deutlichem Knistern, Cruikshank an einer Säule von 40 bis 100 Plattenpaaren von Silber und Zink mit Salmiakscheiben sogar im Tageslichte vollkommen sichtbar, so wie auch eine deutliche Einwirkung der Pole auf das Goldblattelektrometer ohne Hülfe des Condensators. Auch in Deutschland wurde die Volta'sche Säule unter den Händen J. W. Ritter's [1] sogleich eine Quelle vieler interessanter Erfahrungen, namentlich auch in Betreff der Wasserzersetzung, ohne dafs dem deutschen Physiker damals schon die Versuche der Engländer bekannt geworden waren [2], und auch ich selbst erinnere mich noch mit einem eigenen Vergnügen des Zeitpunctes, als ich auf eine von dem aus England eben wieder auf dem Continente angekommenen Dr. Busch erhaltene Nachricht von Volta's wichtiger Entdeckung die erste Säule baute, und durch Hülfe eines Goldblättchens den ersten Funken daraus zog, den Ritter in seiner ersten Reihe von Versuchen noch nicht hatte darstellen können. Auch bemerkte ich zuerst die Anziehungserscheinungen an den Polen, und verfolgte durch eine Reihe von Versuchen die Uebereinstimmung dieser sogenannten galvanischen E. mit der gewöhnlichen, vorzüglich in Rücksicht auf das Leitungsvermögen der Körper für dieselben [3]. Es würde zu weit führen, wenn ich hier im Detail die besonderen Verdienste der einzelnen Physiker, wie die einzelnen Entdeckungen und Erfindungen, wie sie nach der Reihe gemacht wurden, verfolgen wollte. Ich werde bei der näheren Darstellung der Erscheinun-

1 Voigt's Magaz. II. 354.

2 Vergl. das Historische hierüber von Gilbert in dessen Ann. VI. 468.

3 G. VII. 247.

gen selbst Gelegenheit haben, manches in dieser Hinsicht nachzutragen, und begnüge mich daher bloſs die wichtigsten Momente aus der Geschichte der weiteren Entwickelung hervorzuheben.

Im Jahr 1801 reisete VOLTA nach Paris, um den französischen Nationalinstitute einen vollständigen Bericht über seine Entdeckungen mitzutheilen. Der damalige erste Consul BUONAPARTE, selbst Mitglied jenes gelehrten Körpers, schenkte dieser Entdeckung seine vorzügliche Aufmerksamkeit, lieſs eine Medaille zum Andenken derselben prägen, stiftete zu deren weiterer Beförderung zwei Preise, einen gröſseren für eine Hauptentdeckung und einen kleineren jährlich auszutheilenden, trug dadurch wesentlich zur Belebung des Eifers der Physiker (besonders auch in Frankreich, dem der Galvanismus bisher beinahe fremd geblieben war) zur Erweiterung dieser Lehre bei. Für die Bestätigung von VOLTA's Theorie, war die Vergleichung *der Ladung* sehr groſser el. Batterieen durch die wirksamsten *Elektrisirmaschinen* mit der Ladung derselben durch die Säule von einem besondern Interesse und VOLTA beauftragte mich selbst, als ich damals in Paris seine persönliche Bekanntschaft gemacht hatte, auf meiner Durchreise durch Haarlem VAN MARUM, dem in der Tayler'schen Stiftung alle Mittel zur Ausführung dieser Versuche zu Gebote standen, zu bewegen, dieselben gemeinschaftlich mit mir auszuführen, von deren Resultate ein ausführlicher Bericht damals im Druck erschien[1].

Ueber die chemischen Wirkungen der Säule wurde ein ganz neues Licht verbreitet durch eine meisterhafte Arbeit von H. DAVY[2], durch welche vorzüglich die Wanderung der Stoffe, und die Ansammlung derselben ihrer eigenthümlichen el. Natur gemäſs an den entsprechenden Polardrähten als die allgemeinste Thatsache erwiesen wurde, eine für die elektrochemische Theorie besonders wichtige Thatsache, die aber gleichzeitig mit H. DAVY und ganz unabhängig von diesem auch von BERZELIUS und HISINGER entdeckt worden war[3]. Eine sehr

1 G. XIII. 262.

2 Abhandlungen über einige chemische Wirkungen der Elektricität u. s. w. in Gehlen's Journ. d. Ch. Ph. und Min. V.

3 Aus deren Afhandlingar i Fisik u. s. w. Första Delen. Stockholm 1806. übers. in G. XVII. 269.

wichtige neue Erfahrung über die Wirkung der einzelnen Metallplatten auf gefärbte Pflanzen-Papiere verdankt man dem Leibarzte Dr. Jäger in Stuttgart[1], so wie auch eine zweite wichtige Thatsache, daſs nämlich eine Volta'sche Säule, deren feuchte Zwischenleiter durch Gold oder Silberscheiben mit vollkommenen trockenen Rande unterbrochen sind, keine Spur von chemischer Wirkung geben[2].

Im Jahr 1803 machte Ritter seine Versuche über die sogenannte Ladungssäule[3] bekannt, deren Eigenthümlichkeit sowohl als das für dieselbe von ihm aufgestellte Princip vorzüglich von Volta angefochten wurde. Die Bemühungen der Physiker waren in den ersten Jahren nach der Bekanntmachung der Säule vorzüglich auch auf die Verbesserung und Verstärkung dieses merkwürdigen el. Apparat's gerichtet, und unter den mannigfaltigen Vorrichtungen, die ausgeführt wurden, und die unter dem Namen der Trog-, Zellen-, Kasten-, Apparate u. s. w. bekannt geworden sind, verdient insbesondere Hare's *Calorimotor* erwähnt zu werden. Diese Bemühungen, die auch für die weitere Aufklärung der Theorie dieser Erscheinungen unternommen wurden, führten zu der sogenannten trockenen Volta'schen Säule, von welcher verschiedene Arten in Vorschlag gebracht wurden, von denen jedoch nur die von de Lüc zuerst im Jahre 1810[4] beschriebene und von diesem Physiker als ein atmosphärisches Elektroskop empfohlene, diesen Namen verdient, die aber erst im Jahre 1814 mit einer kleinen Abänderung durch den Italiener Zamboni zu einer gröſseren Publicität gelangte[5], nach diesem auch den Namen der *Zamboni'schen Säule* erhielt, und zu vielen interessanten Verhandlungen, vorzüglich die Theorie der Säule betreffend, Veranlassung gab, an welche Parrot, Jäger und v. Yelin[6] einen vorzüglich wichtigen Antheil hatten. Wichtiger für die Theorie

1 G. XI. 288.

2 Ebend. XXIII. 77.

3 Voigt's Magazin VI. 2tes Stück. S. 98.

4 In Nicholsons Journale Oct. 1810 und daraus in G. XLIX. 100.

5 Vgl. Einige historische Nachrichten über die trockenen el. Säulen der Herrn De Lüc und Zamboni in G. XLIX. 35.

6 In einer eigenen Schrift: Versuche und Beobachtungen zur näheren Kenntniſs der Zamboni'schen trockenen Säule 4. München 1820.

als diese uneigentlich sogenannte trockene Säule, wurde die von ZAMBONI zuerst entdeckte sogenannte *zweigliedrige Säule*[1], doch setzte allen diesen mannichfaltigen Arbeiten und Bemühungen im Jahre 1820 die Entdeckung des *Elektro-Magnetismus*, und im Jahre 1822 des *Thermo-Magnetismus* die Krone auf, von welchem ersteren bereits[2] ausführlich gehandelt ist, und von welchen letzteren noch unter einem besondern Artikel die Rede seyn wird[3].

II. Von der einfachen galvanischen Action oder dem einfachen unverstärkten Galvanismus.

A. Thatsachen.

AA. Von der einfachen galvanischen Action in ungeschlossenen Ketten. System der Erreger oder Leiter des Galvanismus und Spannungsreihen derselben.

1. Um die grofse Masse von Erscheinungen, die zum Galvanismus gerechnet werden, zu einer leichten systematischen Uebersicht zu bringen, scheint es am angemessensten, dieselben unter zwei Hauptabtheilungen abzuhandeln, wovon die erste die Erscheinungen des *einfachen Galvanismus* oder der *einfachen Kette*, die zweite die des *verstärkten Galvanismus* oder der *vervielfachten Kette* unter sich begreift. Alle Erscheinungen, die sich auf die homologe Wiederholung einer einfachen galvanischen Kette beziehen und von dieser abhängen, oder die Erscheinungen der sogenannten *galvanischen Batterie* oder der *Volta'schen Säule* machen den Gegenstand der zweiten Abtheilung aus, deren Element in der ersten Abtheilung als sogenannte einfache Kette im ungeschlossenen und geschlossenen Zustande betrachtet wird.

1 G. LX. 151.

2 S. Th. III. 473 ff.

3 Vgl. Dr. F. B. TROMMSDORFF Geschichte des Galvanismus oder der Galvanischen Elektricität vorzüglich in chemischer Hinsicht 2te unveränderte Auflage. Erfurt 1808; und Geschichte des Galvanismus nach Sue d. ä. frei bearbeitet von DR. JOH. CHRIST. LEOP. REINHOLD. In zwei Abtheilungen. Leipzig 8. 1803.

2. *Ungeschlossene* und *geschlossene Ketten.* Wenn von einer in einer endlichen kürzern Zeit merklich werdenden galvanischen Action die Rede ist, so hat man sogleich von Anfange alle Körper unter zwei Classen zu bringen, solche nämlich, die durch ihre Wechselwirkung mit einander eine solche Action zu realisiren im Stande sind, und solche, die dazu untauglich sind. Jene kann man in Allgemeinen Erreger *(Excitatores)* des Galvanismus nennen, und zugleich auch Leiter *(Conductores)* sofern sie durch sich hindurch die an irgend einer Stelle erregte Action auf eine andere Stelle fortzupflanzen vermögen. Erreger sind im Allgemeinen alle diejenigen Körper, welche Leiter der E. in einem merklichen Grade sind, während die Isolatoren und Halbleiter kein in einer endlichen Zeit merkliches Quantum von Erregung geben und die an irgend einem Puncte erregte Thätigkeit nicht auf andere Puncte durch sich hindurch übertragen. Nun hängt alle Verschiedenheit in der galvanischen Action eben so sehr von der Verschiedenheit der Körper, welche durch ihre wechselseitige Berührung mit einander Elektricitätserregung veranlassen, als von der Art ab, wie diese Körper an einander gereiht sind. Man hat diese Aneinanderreihung nicht unpassend eine *Kette,* und die einzelnen Körper die Glieder dieser Kette genannt. Diese Körper können so an einander gereihet seyn, dafs die äufsersten Glieder nicht aneinander hängen, sich also nicht berühren; in diesem Falle kann man mit Ritter nicht unpassend sagen, dafs die Kettenglieder nach dem Schema der Linie aneinander gereiht sind, wobei es sich von selbst versteht, dafs hierbei von der Luft abstrahirt wird, die zwar in einem gewissen Sinne alle Ketten zu geschlossenen macht, aber als ein Isolator und folglich Nicht-Erreger des Galvanismus überall nicht zur Kette gerechnet werden kann; die galvanische Action hat in diesem Falle einen anderen Character, als derjenige, den sie zeigt, wenn die Linie zur Figur geschlossen wird, oder die äufsersten Glieder einer solchen Aneinanderreihung selbst mit einander in Berührung kommen. Die einfachste Form der galvanischen Action, die demnach in Betracht gezogen werden kann, ist diejenige in ungeschlossenen Ketten, oder in dem nach dem Schema der Linie an einander gereihten und in Berührung mit einander stehenden Körpern, und ich kann daher auf keine Weise dem Sprachgebrauche mancher Schriftsteller beistimmen, die nur die Action in der geschlossenen Kette als

die einzige galvanische Kette betrachten, und als Merkmal in ihre Begriffsbestimmung einer galvanischen Kette das Geschlossenseyn derselben aufnehmen, gerade als ob eine Kette aufhörte eine solche zu seyn, wenn ihre beiden äufsersten Ringe nicht in einander greifen, und als ob bei der Umdrehung einer Elektrisir-Maschine nicht eher eine elektrische Action realisirt wäre, als bis Funken aus dem ersten Leiter überschlagen.

3. *Galvanische Fundamental-Erscheinung und Versuche zur Darstellung derselben.* Wenn zwei heterogene Körper, welche beide zu den bessern Leitern der E. gehören, wie z. B. Kupfer und Zink mit einander auch nur in die kleinst mögliche Berührung gebracht werden, so zeigt sich, ungeachtet diese Körper jeder einzeln durch die feinsten Elektroskope und mit Hülfe von Condensatoren und Multiplicatoren bei Beobachtung der nöthigen Vorsichts-Mafsregeln, die sich im Verfolge ergeben werden, geprüft, im natürlichen el. Zustande oder 0 elektrisch sich verhalten, nunmehr eine Störung des el. Gleichgewichts, in welchem beide vorher mit dem sogenannten allgemeinen Behälter der E. und somit auch in Beziehung auf einander gestanden hatten, worin eben das 0 E. besteht; es tritt eine verschiedene el. Spannung zwischen diesen beiden Körpern ein, und der el. Spannungs-Unterschied ist ein constanter seiner elektrometrischen Gröfse nach für diese gegebenen zwei Körper. Je nachdem diese beiden Körper isolirt oder der eine oder der andere mit dem Erdboden in Verbindung sind, fällt das Phänomen dem äufseren Ansehen nach verschieden aus, ist aber seinem wahren el. Werthe nach stets dasselbe. Der Fall, dafs beide Körper zugleich mit dem Erdboden in Verbindung sind, gehört zur geschlossenen galvanischen Kette. Sind beide isolirt und vor ihrer wechselseitigen Berührung unter einander in natürlichem el. Zustande gewesen, so zeigt sich an dem einen Körper positive, an dem andern negative E., beide E., so wie sie aus dem 0 hervorgingen, stehen in einem solchen Verhältnisse gegen einander, dafs sie wieder 0 mit einander geben würden, wenn sie einem dritten Körper, der an und für sich keine Wirkung ausübte, als E. in sich aufzunehmen, mitgetheilt würden, oder bei gleicher Oberfläche und Gestalt der auf diese Weise mit einander in Berührung stehenden Körper ist die negative Spannung des einen, durch ein Elektrometer gemessen, dem Grade nach eben so grofs, als die positive des andern; bei ver-

schiedener Oberfläche werden die Spannungen den Oberflächen umgekehrt proportional seyn, dem el. Werthe nach aber wird eben wegen dieser Proportionalität der Spannungs-Unterschied doch immer als der gleiche sich zeigen. Um ein gemeinschaftliches Maſs für alle Spannungs-Unterschiede, welche durch die Berührung je zweier Körper mit einander begründet werden, zu haben, wollen wir den Spannungsunterschied zwischen Kupfer und Zink = 1 setzen. Da nun die positive Spannung ihrer Gröſse nach vollkommen gleich der negativen ist, wenn beide Körper isolirt, und übrigens in Gestalt und Gröſse der Oberfläche einander vollkommen gleich sind, so folgt in Beziehung auf diese Einheit von selbst, daſs unter den angegebenen Bedingungen die positive Spannung des Zinks durch $+\frac{1}{2}$, die negative des Kupfers durch $-\frac{1}{2}$ ausgedrückt werden muſs, wodurch indeſs über die elektrometrische Gröſse dieser Spannung, verglichen mit irgend einer andern, noch nichts ausgesagt ist. Wird der eine von diesen beiden Körpern mit dem Erdboden in Verbindung gesetzt, wodurch seine el. Spannung auf 0 herabsinkt, indem hierbei von der sehr geringen galvanischen Wirkung zwischen dem Erdboden (oder der bloſsen Feuchtigkeit) und diesen Körpern abgesehen wird, so steigt die Spannung in dem andern auf das Doppelte von derjenigen welche er in dem ersten Falle zeigte, und zwar in dem einen die *positive*, in dem andern die *negative*, folglich in dem angenommenen Beispiele von $+\frac{1}{2}$ auf $+1$ in dem Zinke, und von $-\frac{1}{2}$ auf -1 in dem Kupfer, worin eben sich das Wesen der galvanischen Elektricitäts-Erregung, daſs sie ihre Grenze in einem *constanten Spannungsunterschiede* habe, ausspricht. Der Spannungs-Unterschied zwischen $+\frac{1}{2}$ und $-\frac{1}{2}$ ist nämlich gleich dem Spannungsunterschiede zwischen 0 und $+1$ und 0 und -1. Dasselbe gilt auch, wenn beide Körper durch anderweitige Mittheilung E. erhalten haben. Diese wird sich zwischen ihnen, sie sey positiv oder negativ, nach den Gesetzen, die für die Vertheilung der E. überhaupt gelten, austheilen, aber es wird in keinem Falle zu einer gleichförmigen Spannung kommen, sondern es wird in allen Fällen derselbe Unterschied in ihrer el. Spannung bleiben, den sie zeigen, wenn sie vor ihrer wechselseitigen Berührung sich im natürlichen el. Zustande befanden. Diese Erregung von freier E., oder diese Störung des natürlichen el. Gleichgewichts in Folge der Einwirkung he-

terogener Körper auf einander durch bloſse Berührung selbst derjenigen, die am stärksten auf einander wirken, ist indeſs so schwach, daſs sie auch durch die empfindlichsten Elektrometer für sich allein angewandt nicht darstellbar ist, aber mit Hülfe des Condensators, Collectors oder Duplicators[1] lassen sich diese schwachen Spuren so sehr verstärken, daſs eben durch diese Versuche das bisher entwickelte Grundgesetz für den Galvanismus in das hellste Licht gesetzt werden kann.

4. Am bequemsten und sichersten bedient man sich zu dem angegebenen Zwecke der Condensatoren, und zwar giebt es verschiedene Arten, die el. Erregung jener beiden, als Muster gewählten Körper, des Zinks und Kupfers in Folge ihrer wechselseitigen Berührung darzustellen. Die erste und wichtigste ist ohne allen Zweifel diejenige, wo alle Mitwirkung von Feuchtigkeit, selbst wenn es auch bloſs die des berührenden Fingers wäre, ausgeschlossen ist. Zu diesem Behuf bedient man sich eines Condensators, dessen beide Scheiben selbst aus jenen Metallen bestehen, wozu die Gröſse von etwa 3 Z. im Durchmesser eine angemessene ist. Schraubt man die eine Scheibe, z. B. die Zinkscheibe, auf ein Goldblattelektrometer, setzt die andere von Kupfer darauf, beide durch die dünne Schicht von Bernsteinfirniſs, womit sie überzogen sind, von einander getrennt[2], macht eine Verbindung zwischen beiden durch einen Metalldraht, gleichviel von welchem Metalle, wozu man also um den Fall so einfach als möglich zu machen, einen Kupferdraht nehmen kann, den man, um auch dem entferntesten Einwurfe zu begegnen, als habe Feuchtigkeit hierbei auf das Metall eingewirkt, nicht mit der Hand anfaſst, sondern mit einer isolirenden Handhabe z. B. einer Siegellackstange hält, und hebt nach vorheriger Entfernung des verbindenden Drahtes die obere Scheibe auf, so wird das Goldblattelektrometer einen bestimmten unveränderlichen Grad von positiver, und wenn die Kupferscheibe auf das Elektrometer aufgeschraubt war, einen gleichen Grad von negativer E. durch die Divergenz der

1 Die erste unwidersprechliche Nachweisung dieser Elektricitätserregung durch bloſse Berührung des Silbers und Zinks unter einander geschah von Volta mit Hülfe des Nicholson'schen Duplicators im Jahre 1796. S. Dessen Schreiben an Gren in Gren's N. Journ. der Physik. IV. 127.

2 Vergl. den Art. *Condensator.* Th. II. S. 230.

Goldblättchen anzeigen. Dafs gleichzeitig in der obern Platte die entgegengesetzte E. von gleicher Spannung, wie in der auf das Elektrometer aufgeschraubten Platte existirt, kann man auch unmittelbar dadurch erkennen, dafs man mit der aufgehobenen oberen Platte ein zweites, dem ersten soviel möglich gleiches, Goldblattelektrometer berührt, an welchem man die gleiche Divergenz der Goldblättchen, aber von entgegensetzter E. herrührend, beobachten wird. Man kann auch beide E. zu gleicher Zeit an zwei Elektrometern erhalten, wenn man sich zweier Condensatoren bedient, von denen der eine mit der Kupfer-, der andere mit der Zinkscheibe auf das Elektrometer geschraubt ist. Bringt man dann die beiden Collector-Platten und zu gleicher Zeit die beiden obern Platten durch einen Metalldraht mit einander in Verbindung, hebt auch schon nach ein Paar Secunden die Verbindung auf und entfernt die oberen Scheiben von den Collector-Platten, so erhält man an beiden Elektrometern, wenn sie von gleicher Empfindlichkeit und die Condensatoren von gleicher condensirenden Kraft sind, die gleiche Divergenz der Goldblättchen, und zwar von + E an denjenigen, auf welchen die Zinkscheibe, von — E an denjenigen, auf welchem die Kupferscheibe aufgeschraubt war.

Man erhält denselben Erfolg nach Volta, wenn die Condensator-Platten nicht mit Firnifs überzogen, sondern von glatter metallischer Oberfläche sind, wenn man durch kleine Schrauben, die durch die obere Platte hindurchgehen, die Platten nur um eine sehr dünne Luftschicht von einander entfernt, in welchem Falle die kleinen Schrauben selbst die metallische Berührung und davon abhängige galvanische Wirkung auf einander vermitteln, in der ganzen übrigen Fläche aber die Metallplatten condensatorisch auf einander wirken[1].

Geschieht die Verbindung der beiden Metallplatten in den beiden zuerst genannten Fällen statt durch einen Metalldraht durch den Finger, so bleibt in der Regel alle Wirkung aus. Die Wirkung wird auch nicht verstärkt, ob der Metalldraht die Scheiben kürzere oder längere Zeit mit einander in Verbindung hält, vielmehr reichen einige Secunden immer zu, um die volle Wirkung zu geben, auch macht es keinen Unterschied, ob diese Verbindung durch einen Metalldraht auf eine blofse einfache

1 G. X. 437.

Berührung sich beschränkt, aber mit Druck, Hin- und Herbewegung, Reiben u. d. g. verbunden ist.

5. Die zweite Hauptart, den Versuch anzustellen, ist unter der Bedingung, dafs eines der Metalle mit dem Erdboden verbunden und eben dadurch fortwährend im Zustande von 0 E. erhalten wird. In diesem Falle kann die Collectorplatte des Condensators selbst die Stelle des einen Metalls vertreten. Man wird auf diese Weise, wenn man die Collector-Platte von Zink mit der Kupferscheibe, die man in der Hand hält, berührt, und nach aufgehobener Berührung die obern Platten des Condensators abhebt, die Goldblättchen mit eben so starker positiver E. und wenn die Collector-Platte von Kupfer ist, die man mit einer in der Hand gehaltenen Zinkscheibe berührt, dieselben mit eben so starker negativer E. divergiren sehen, wie in den oben (4) angeführten Versuchen. Nimmt man aber zu demselben Versuche zwei Metallscheiben von Zink und Kupfer, wovon man bald die eine, bald die andere in der Hand hält, während die andere, die auf jener liegt, oder an sie gelöthet, oder durch eine Schraube, Niete u. s. w. in gute Berührung mit ihr gebracht ist, mit der Collector-Platte in Gemeinschaft gebracht wird, so wird man zwar, wenn die Collector-Platte von Kupfer ist, bei der Berührung derselben mit der Kupferscheibe die volle negative Spannung haben, aber nicht so die positive Spannung bei der Berührung mit dem Zink, das nämlich in diesem Falle zwischen Kupfer und Kupfer sich befindet, und unter den angegebenen Umständen gar keine Wirkung hervorbringt; die positive Spannung wird aber sogleich in ihrer ganzen Stärke zum Vorschein kommen, wenn man die Gemeinschaft zwischen dem Zink und der Collector-Platte von Kupfer durch eine Zwischenlage von nafsgemachtem Papiere oder Tuche vermittelt, so dafs das Zink in keine unmittelbare metallische Berührung mit dem Kupfer kommt, oder auch wenn man der Collector-Platte von Kupfer eine Collector-Platte von Zink substituirt. Dafs das Zink zwischen zwei Kupferscheiben sich befindet, hebt das Vermögen des Zinks, seine positive Erregung an Collector-Platten mitzutheilen, nur in den Richtungen, welche durch die Berührungspuncte dieser Metalle unter einander gehen, oder durch diese Kupfer-Platte hindurch, aber nicht nach andern Richtungen auf. Eine Zinkplatte zwischen zwei Kupfer-Platten, wovon die eine oder die andere mit dem

Erdboden in Verbindung steht (der Fall, dafs beide Kupfer-Platten zugleich mit dem Erdboden in Verbindung stehen, gehört schon zu den geschlossenen Ketten) bringt vielmehr ihre volle positive Spannung hervor, wenn sie mit irgend einem Puncte ihres Standes mit einer Collector-Platte in Verbindung kommt.

Bei der Darstellung der hier angegebenen Versuche macht es schlechterdings in dem Erfolge keinen Unterschied, in welchem Verhältnifs der Gröfse die Metallstücke gegen einander stehen, und wie grofs oder klein die Berührungsfläche derselben unter einander sey. Die kleinsten Feilspähnchen, wenn sie nur in die kleinstmögliche Berührung unter einander und mit der Collector-Platte kommen, bringen ganz dieselbe Wirkung hervor, wie die gröfsten Metallmassen mit der ausgedehntesten Berührung.

6. Berührt von den beiden mit einander in Gemeinschaft stehenden Metallen das eine die ihm homologe Collector-Platte, ohne dafs das andere zugleich ableitend berührt, letzteres vielmehr an einer isolirenden Handhabe gehalten wird, so zeigen die Goldblättchen nicht die kleinste Spur von E. Indefs lassen sich auch mit zwei Scheiben von Zink und Kupfer, die an isolirenden Handhaben gehalten werden, allmälig zunehmende Spuren von E. durch Hülfe des Condensators am Elektrometer hervorrufen, wenn man nach jedesmaliger Berührung der Collector-Platte durch das ihm homologe Metall das andere Metall, ehe jenes wieder mit ihm in Gemeinschaft tritt, ableitend berührt, und auf diese Weise auf 0 zurückbringt. Hat man dieses 12 — 15 mal wiederholt, so zeigt sich schon einige E. durch Divergenz der Goldblättchen, und dieser Zeitpunct tritt um so eher ein, je gröfser die Metallplatten sind und je kleiner verhältnifsmäfsig die Oberfläche des Condensators ist. Man kann auch mit diesen Metallen im isolirten Zustande, ohne dafs sie ableitend berührt werden und Feuchtigkeit mit in's Spiel kommt, schon durch eine einmalige Berührung dem Condensator, wenn auch nicht seine volle Ladung verschaffen, doch schon merkliche Spuren von E. erhalten, wenn, während das eine Metall die Collector-Platte berührt, das andere mit einem isolirten metallischen Conductor von sehr ausgedehnter Oberfläche oder sehr grofser Capacität, also namentlich mit dem innern Belege einer el. Batterie in Gemeinschaft gebracht wird. Doch mufs jener Leiter von demselben Metalle seyn, oder es mufs bei Ver-

schiedenheit der metallischen Qualität die Gemeinschaft durch einen nassen Körper vermittelt werden. Bringt man die innere Stanniol-Belegung einer grossen Batterie mit Kupfer in Berührung, so theilt letzteres der Condensator-Platte von Kupfer beinahe dieselbe Ladung mit, oder bringt in derselben eine eben so grofse negative Erregung hervor, wie Stanniol, der ableitend berührt wird, und dieselbe Condensator-Platte unmittelbar berührt.

7. Alle bisher angeführten Versuche führen im Wesentlichen zu einem und demselben Resultate und bilden einen und denselben Fundamental-Versuch, welchen man den *Volta'schen Fundamental-Versuch* nennen kann, da er zuerst von Volta angestellt worden ist, und dieser grofse Physiker vorzüglich auf diesen Versuch die Theorie der einfachen Kette sowohl als seiner Säule gebaut hat. Volta hat ihn, wie schon oben bemerkt, zuerst im Jahre 1796 in einem Briefe an Gren bekannt gemacht, dann aber besonders ausführlich in allen seinen Abänderungen in jener ersten Abhandlung, in welcher er die Theorie seiner Säule entwickelt, beschrieben[1]. Er ist jedoch bei dieser Gelegenheit in einen Irrthum gerathen, indem er behauptet, dafs die unter 4 angegebene Methode nur eine halb so grofse Spannung wie diejenige gebe, welche man erhält, wenn man den Versuch auf die unter 5 angegebene Weise anstelle. Dieser Irrthum hing davon ab, dafs er das Gesetz für die verschiedene condensirende Kraft des Condensators unter der Bedingung jener beiden Methoden nicht kannte, sondern in beiden Fällen für denselben Condensator einerlei condensirende Kraft annahm. Unter dieser Voraussetzung würde allerdings die Spannung in dem zweiten Falle doppelt so grofs ausfallen müssen, wenn die beiden Metalle überhaupt einen Spannungsunterschied von constanter Gröfse mit einander eingehen, und unter Umständen sich befinden, wo sie auch nach vollkommener Ausgleichung mit dem Condensator ihre volle Spannung behaupten können. Dieselbe Spannung nämlich, wenn ihr ihre entgegengesetzte von gleicher Gröfse gegenübersteht, kann, um denselben Unterschied von Spannung in beiden Körpern zu geben, nur halb soviel betragen, als wenn ihr 0 gegenübersteht, oder sie mufs

1 Ueber die sogenannte galvanische Elektricität von Alex. Volta. G. X. 421.

in dem letzteren Falle doppelt so groſs seyn, und diese muſs daher auch, wenn die condensirende Kraft in beiden Fällen die gleiche ist, und durch die Condensation an der Gröſse der Spannung selbst nichts vermindert wird, oder ein relativ unerschöpflicher Quell von el. Erregung vorhanden ist, am Elektrometer doppelt so groſs ausfallen. Jäger hat aber zuerst durch Versuche nachgewiesen[1], daſs wenn die den Condensator zugeführte E. ihre entgegengesetzte in der andern Platte erst aus der Erde hervorrufen muſs, die entstehende Ladung nur halb so groſs erscheint, als wenn der andern Condensatorplatte die entgegengesetzte E. ebenfalls aus einer unerschöpflichen Quelle zugeführt wird. Diesen Unterschied beobachtet man am augenscheinlichsten, wenn man den oben unter 4 angegebenen Versuch mit den zweien Condensatoren, deren Collectorplatten und obere Platten durch einen Metalldraht verbunden wurden, so abändert, daſs man zwar die unteren Platten nach wie vor metallisch verbindet, aber die oberen Platten nur mit dem Finger ableitend berührt. Im letztern Falle wird die *Spannung nur halb so groſs ausfallen*, was keinen andern Grund haben kann, als daſs die Condensatoren nur halb so stark condensiren, indem für die Erregung der E. selbst in den untern Platten die Umstände dieselben bleiben, und also auch der el. Erregungsproceſs in beiden unverändert geblieben seyn muſs. Es ist auch begreiflich, daſs wenn alle Condensation auf der anziehenden und bindenden Kraft, die das $\pm$ auf seinen Gegensatz $\mp$ ausübt, beruht, und ihrer Gröſse nach von der Gröſse dieser anziehenden (bindenden) Kraft abhängt, diese Condensation doppelt so groſs ausfallen muſs, wenn das $\pm$ diese anziehende Kraft nur nach *einer Richtung hin* auszuüben hat, d. h. sein Gegensatz mit dem es zu 0 verbunden war, in gleichem Maſse nach einer andern Seite hin beschäftigt ist, als wenn es von seinem unbeschäftigten Gegensatze des 0, aus dem es frei gemacht wurde, rückwärts gezogen wird, und folglich seine anziehende Kraft nach der andern Seite zu nur zur Hälfte frei ausüben kann. Dieser Fall tritt aber gerade bei der unter 4 beschriebenen Art des Versuchs ein, wo folglich die condensirende Kraft desselben Condensators noch einmal so groſs ist, als bei der unter 5 beschriebenen Anstellungsart des Versuchs. Nennen wir die

1 G XIII. 390. 420.

condensirende Kraft im letzteren Falle n, so ist sie im erstern Falle $= 2n$, und da die ganze Wirkung auf das Elektrometer gleich dem Producte aus der Spannung t in die condensirende Kraft ist, so erhält man eben darum in beiden Fällen gleiche Divergenz der Goldblättchen, wenn gleich in 4 die Spannung nur die Hälfte von derjenigen in 5 ist, weil $\frac{1}{2}t \times 2n = tn$ ist.

8. Das zuerst von VOLTA aus diesen verschiedenen Versuchen gezogene Resultat, wie es der Beschreibung der Versuche selbst in 3 vorausgeschickt worden ist, so wie die Richtigkeit der Versuche selbst, sind wiederholt von einigen Physikern, unter diesen am beharrlichsten von PARROT bestritten worden. Letzterer führt[1] folgendes *experimentum crucis* gegen VOLTA's Theorie an: „Man bringe zwei wohl polirte, auf einander passende, gleich groſse Platten, die eine von Zink, die andere von Kupfer, die eine mit der Erde, die andere mit dem doppelten oben beschriebenen Condensator" (es ist ein *Cuthbertson*'scher, wie sie unter dem Artikel: *Condensator* beschrieben sind, dessen gröſsere Platten 8″ die kleineren $1\frac{1}{2}''$ im Durchmesser haben, und die unter den günstigsten Umständen zusammen 10000 mal condensiren), „dessen beide Plattenpaare höchstens $\frac{1}{100}$ Z. von einander abstehen, in vollkommene Berührung, so zeigt sich keine Spur von E., wofern man bei der Anlegung der Leitungsdrähte keine Reibung erzeugt hat, welches bei diesem Condensator dadurch verhindert wird, daſs die Anlegung und Abnahme der Leitungsdrähte an den Condensator und von demselben durch eine Schraube geschieht. Der Erfolg ist immer derselbe mit 3,5 und 10 zölligen Plattenpaaren." Es folgt nach PARROT aus diesem entscheidenden Versuche, daſs die von VOLTA angenommene Impulsion, die Störung des Gleichgewichts der E. heterogener Körper, nicht statt findet, und daſs sich überhaupt keine freie E. bei der wechselseitigen Berührung solcher Metalle zeigt, wohl aber bei dem Auflegen und Trennen derselben, welches Auflegen und Trennen aber bei der Säule nicht statt findet. In einem Zusatze zu einem in Gilbert's Annalen[2] eingerückten Aufsatze wiederholt PARROT dieselbe Behauptung, daſs die ruhenden Metallplatten durch ihre bloſse Berührung durchaus keine im

1 Grundriſs der theor. Phys. II. 556.

2 Bd. LXI. 288.

Geringsten in Betracht kommende E. erregen, da sein Elektrometer mit doppelten Condensatoren keine Spur davon anzeigte, ungeachtet dasselbe doch schon $\frac{1}{1190000}$ eines Grades Spannung anzuzeigen im Stande gewesen seyn würde. Wenn Parrot an einem andern Orte[1] Versuche anführt, wo er nach vorheriger Berührung zweier, wohl polirter, Zink- und Kupferplatten von 5″ im Durchmesser unter einander durch Abhebung und Prüfung durch den Condensator vom Zinke + E und vom Kupfer — E erhielt, und diese Versuche dem ungeachtet nicht als beweisend ansieht, so stützt er sich dabei auf den Umstand, daſs im Falle die eine nicht abgehobene Platte mit dem Erdboden in Verbindung stand, dennoch die Spannung nicht in dem Verhältnisse wuchs, in welchem die Berührung der Platten und die Abhebung wiederholt wurde, sondern die Spannungen sich hierbei ganz unregelmäſsig, und sogar nach mehrmaliger Wiederholung wieder vermindert, dann auf einmal sehr groſs zeigten, Erscheinungen, welche Parrot ohne Zweifel als einen Beweis ansieht, daſs die E. hier durch zufällige veränderliche Ursachen, nämlich durch das verschiedene Aneinanderreiben und Stoſsen erregt worden seyen, wozu dann noch der Umstand kam, daſs auch bei unvollkommener Isolirung der beiden Metallplatten durch lange Glasstangen sich doch Zeichen von E. nur im Ganzen schwächer als in der ersten Reihe von Versuchen zeigten, da doch in diesem Falle nach Volta's Theorie gar keine Spur (?) von E. hätte zum Vorschein kommen sollen.

Wovon nun dieser ungünstige Ausfall der Parrot'schen Versuche abgehangen haben mag, ist nicht zu entscheiden, wenn wir etwa den Fall ausnehmen, in welchem sich die Kupferscheibe in Verbindung mit dem Erdboden, das Zink sich also zwischen Kupfer und Messing (denn von diesem Metall waren die Verbindungsdrähte mit dem Condensator) befand, wo dann freilich nur die höchst schwache el. Spannung zwischen Kupfer und Messing, aber keineswegs die zwischen Kupfer und Zink zum Vorschein kommen konnte. Indeſs kann dadurch die Gewiſsheit des obigen Resultats auf keine Weise erschüttert werden. Daſs auf den Erfolg der Versuche das Reiben, Stoſsen, Drücken auch nicht den geringsten Einfluſs habe, davon habe ich mich durch eine wohl tausendfache Wiederholung obiger

1 Dessen Grundriſs II. 553.

Versuche vollkommen überzeugt. Die Spannung blieb ihrer Gröſse nach im Wesentlichen dieselbe mit den kleinen Abänderungen, die von der Einrichtung und Gebrauchsart des Condensators unzertrennlich sind. Der Einwurf Parrot's, daſs nicht die ruhenden Metalle schon durch ihre bloſse Berührung freie E. erhalten, sondern diese erst nach ihrer Entfernung von einander zum Vorschein komme, und daſs daher keine Anwendung auf die Säule gemacht werden könne, in welcher die Metallplatten ruhig auf einander liegen bleiben, widerlegt sich vollkommen durch folgende zwei Arten den Versuch anzustellen, von welchen die zweite besonders wichtig ist, da durch dieselbe auch andere unrichtige Deutungen des *Volta'schen Fundamental-Versuches* beseitiget werden. Von zwei in ihren Dimensionen und in ihrer condensirenden Kraft einander soviel möglich gleichen Condensatoren, deren eine Scheibe von Kupfer, die andere von Zink ist, wird die Kupferscheibe des einen auf ein Goldblattelektrometer, die Zinkscheibe des andern auf ein anderes Goldblattelektrometer aufgeschraubt, und es werden die ihnen zugehörigen Scheiben aufgesetzt, die durch einen an sie gelötheten Streifen Metall mit einander in Verbindung stehen. Berührt man nur die beiden untern Platten ableitend, und entfernt die Elektrometer mit diesen ihren Scheiben nach Aufhebung der Verbindung mit dem Erdboden durch eine angemessene Vorrichtung von den obern Scheiben, so daſs diese in ihrer Lage unverrückt bleiben, so wird das Elektrometer mit der Kupferplatte, die durch die E. der obern Zinkplatte nach dem Gesetze der Vertheilung erregte — E, das Elektrometer mit der Zinkscheibe die eben so von der auf ihr befindlich gewesenen erregte + E und zwar beide von gleicher Spannung anzeigen. In diesem Falle haben doch unstreitig die beiden obern Platten durch eine E. gewirkt, die sie besaſsen, so lange sie sich berührten, und bloſs berührten, da diese Berührung nicht aufgehoben wurde. In einer etwas abgeänderten Gestalt läſst sich dieser Versuch auch so anstellen. Man schraube auf ein Elektrometer eine Kupferplatte a, die mit einer Firniſsschicht überzogen ist, auf diese lege man vermittelst einer isolirenden Handhabe von Glas die in den Rand derselben seitwärts eingeschraubt ist, eine zweite Kupferplatte b, die an ihrer unteren Fläche gleichfalls mit einer Firniſsschicht überzogen ist, deren obere Fläche aber aufs vollkommenste abgeschliffen metallisch ist, auf diese lege

man eine eben so wie b vorgerichtete Zinkscheibe c, so daſs sie mit ihrer wohlabgeschliffenen metallischen Fläche in unmittelbare Berührung mit b kommt, ihre mit Firniſs überzogene andere Fläche aber nach oben gekehrt ist, endlich lege man auf diese eine vierte Zinkplatte d, deren untere Fläche mit einer Firniſsschicht überzogen und die mit einem isolirenden Handgriffe versehen ist. Berührt man nun die oberste und unterste Platte d, und a ableitend, und hebt dann die obere Platte d ab, und prüft sie durch ein Elektrometer, so wird dieselbe — E zeigen, und die Goldblättchen des andern Elektrometers, auf welchem noch die übrigen drei Platten ruhen, werden mit + E, jedoch von geringerer Spannung, aus einander gehen. In diesem höchst entscheidenden Versuche wirkten doch offenbar die Elektricitäten der beiden Scheiben b und c, die in ihrer metallischen Berührung galvanisch auf einander wirkten, frei nach auſsen, ungeachtet sie ruhig auf einander liegen blieben, und ungeachtet bei der unmittelbaren Berührung und des so viel möglich vollkommenen Parallelismus ihrer Oberflächen ihre E. nach den gewöhnlichen Gesetzen sich vollkommen hätten binden sollen; denn wie hätte ohne eine solche vertheilende Wirkung nach auſsen in der Scheibe d jene — E entstehen können, und welche andere Quelle von Elektricitätserregung als die in der bloſsen Berührung von b und c gegebene lässt sich hier nachweiſsen? Daſs die nach der Entfernung der condensirenden Platte d nun nicht mehr gebundene + E c durch Anziehung und Bindung von — E aus dem 0 der Kupferplatte a und Freimachung und Zurücktreibung der + E die Goldblättchen mit dieser E. aus einander treiben, daſs aber die davon abhängige Spannung schwächer seyn muſste, als die negative in d, weil sich die + E von c nun auf der doppelten Oberfläche (nämlich die der Kupferscheibe b mit gerechnet) ausgebreitet hatte, folgt nothwendig aus bekannten elektrischen Gesetzen.

Auch andere Physiker haben den Volta'schen Fundamentalversuch vollkommen bestätigt gefunden, namentlich Jäger, der den Einfluſs abgeänderter Umstände auf den verschiedenen Ausfall desselben sehr genau bestimmte[1], und G. G. Schmidt, dessen Zeugniſs, als eines so genauen Physikers, besonders vollgültig ist. Wenn dieser bei der Anstellung des Versuchs nach der

1 G. XIII. 415.

unter 4 angegebenen Methode bei der ersten Aufhebung des Deckels 3° bis 5° E. erhielt, so steigerten wiederholte Berührungen diese Spannung regelmäſsig auf 15°, wenn man zwischen je zwei Versuchen den Deckel oder die Basis ableitend berührte, und zwar im ersten Falle in der Basis, im letztern im Deckel. Würde die Stärke der Spannung ganz genau durch die Grade eines Goldblattelektrometers, und zwar im einfachen Verhältnisse der Zahl derselben angegeben, so würde demnach die Spannung durch dieses Verfahren auf das Dreifache gesteigert worden seyn. Da indeſs bei dieser Zunahme der Divergenz zugleich auch die Anziehung der Seitenwände in Betracht kommt, die natürlich in dem Verhältnisse zunimmt, in welchem sich die Goldblättchen bei ihrer zunehmenden Divergenz dieser Seitenwandung mehr nähern, so geben die Grade eines solchen Elektrometers an und für sich nie genaue Maſse. Dem unter 3 aufgestellten Grundgesetze und der Wirkungskraft des Condensators gemäſs müſste, wenn man das 0 in den beiden Metallen als ein wenigstens in Beziehung auf die Capacität des Condensators unerschöpfliches betrachten dürfte, die Spannung höchstens auf das Doppelte gestiegen seyn, da sie sich bei fortgesetzten Berührungen aus einem Spannungsunterschiede zwischen einem gleichen + und — in einen zwischen ± und 0 verwandelt hätte, der um *der gleiche* in beiden Fällen zu seyn, in dem letztern Falle die doppelte Spannung erfordert. Mir selbst schien auch bei Wiederholung dieses Versuchs bei Anwendung eines Elektrometers, das so genau wie möglich zu einem genauen Maſse der Spannung regulirt war, die Spannung nicht mehr als verdoppelt worden zu seyn.

10. J. Bischoff und v. Münchow haben Versuche bekannt gemacht[1] aus welchem dem ersten Anscheine nach das dem Volta'schen Fundamental-Versuche gerade entgegengesetzte Resultat hervorzugehen schien, nämlich daſs von den zwei Metallen Zink und Kupfer durch die Berührung das erstere vielmehr negativ, das letztere positiv werde. Sie bedienten sich 8 Par. Z. im Durchmesser haltender Metallplatten, die alle sehr sorgfältig an einander abgeschliffen, und mit Mastixfirniſs auf ihren Berührungsflächen überzogen waren. Beim Aufeinandersetzen der so zugerichteten Metalle aufeinander wirkten diesel-

1 Poggendorffs An. der Ph. I. 279.

ben ohne allen Zweifel wechselseitig condensatorisch aufeinander, und da jene Physiker die Verbindung der beiden Metallplatten unter einander nicht durch einen Metalldraht, sondern durch den Finger machten, so fehlte hier offenbar die wesentliche Bedingung zur galvanischen Wechselwirkung der Metalle mit einander, nämlich unmittelbare oder durch andere Metalle vermittelte Gemeinschaft derselben mit einander. Woher indeſs die so auffallenden und ihrer Beschaffenheit nach constanten Zeichen von E. in den Versuchen jener Physiker abgehangen haben mögen, ist noch etwas problematisch. Wurden nämlich die beiden auf einander gesetzten Platten nach ihrer gleichzeitigen Berührung mit den Fingern von einander getrennt, so verhielt sich das Kupfer gewöhnlich stark +, das Zink gewöhnlich stark — el., und zwar bis zum starken Anschlagen der Goldblättchen. Diese starke Wirkung trat aber nur dann ein, wenn die Platten mit ihren Firniſsschichten an einander gerieben wurden. War aber durch ein einmaliges Reiben die E. in den Metallen erregt worden, so dauerte sie Stunden und Tage lang fort. Stellt man nun mit einem solchen Condensator den Volta'schen Fundamentalversuch (4) an, indem man die beiden Metalle durch einen Draht mit einander verbindet, so kann es leicht geschehen, daſs das Zink nun statt + E, — E zeigt, und so umgekehrt das Kupfer + E. Der Grund hiervon liegt aber, wie aus der Vergleichung aller Erscheinungen hervorgeht, in der Concurrenz zweier Wirkungen, die einander entgegengesetzt sich wechselseitig beschränken, und wovon die eine die andere im Verhältnisse ihres Uebergewichts ganz verschwinden macht, und mit dem Unterschiede beider gleichsam als ein Rest zum Vorschein kommt. Man wird nämlich immer finden, daſs wenn das Kupfer in einem solchen Falle mit +, das Zink mit — E auftritt, ihre respectiven E. schwächer sind, als wenn ihre Verbindung durch den bloſsen Finger gemacht worden wäre, offenbar weil nun die durch die galvanische Wirkung der Metalle aufeinander erregte — E im Kupfer und + E im Zinke, die nach dem andern Gesetze in ihren erregten entgegengesetzten Elektricitäten beschränkt haben, und war die durch die Verbindung der beiden Metallplatten mit dem Finger erregte E. an und für sich schwach, so wird sich das Zink auch wohl +, das Kupfer — zeigen, jedoch immer schwächer, als wenn jene andere entgegengesetzte E. gar nicht vor-

handen ist[1]. Ich habe gefunden, daſs gewisse Zink- und Kupferplatten mehr disponirt waren, durch Abreiben ihrer Firniſsschichten an einander solche (elektrophorische?) E. anzunehmen als andere. Von zwei Condensatoren a und b, deren Zink- und Kupferplatten dem Ansehen nach einander ganz gleich waren, zeigte der eine a sehr starke + E des Kupfers und — E des Zinks, der andere keine Spur solcher E. Ich setzte dann die Kupferplatte von b statt der Zinkplatte auf die Kupferplatte von a, verband beide durch den Finger mit einander und hob die Kupferplatte von b ab; jetzt zeigte die Kupferplatte von a nicht mehr +, sondern starke — E; wurde derselbe Versuch mit der Zinkplatte von b angestellt, so zeigte auch dann noch die Kupferplatte von a — E, aber in einem viel schwächeren Grade. Im Allgemeinen habe ich gefunden, daſs der Ueberzug der Metallscheiben von Mastixfirniſs leichter zur Erregung solcher anomalen Elektricitäten Veranlassung gab, als mit Bernsteinfirniſs. Ich halte daher diese ganze Wirkung für eine durch Reiben zwischen den Firniſsschichten und den Metallen entstandene, da sie auch ihrem Grade nach viel stärker ist, als man in irgend einem Falle durch bloſse Berührung der Körper unter einander erhalten kann, und man muſs daher, wenn man nicht unsichere und täuschende Resultate erhalten will, bei Anstellung galvanischer Versuche mit dem Condensator stets zuvor des letzteren Verhalten in dieser Rücksicht prüfen.

11. Werfen wir nochmals einen Rückblick auf die von 4—10 mitgetheilten Versuche und die Erörterung derselben, so ergiebt sich aus ihnen unbezweifelt die Richtigkeit des in 3 aufgestellten Grundgesetzes, daſs durch die bloſse Berührung zweier Körper, wie Zink und Kupfer, das el. Gleichgewicht gestört, oder eine el. Erregung veranlaſst werde, vermöge welcher das Zink bis zu einem bestimmten Grade + das Kupfer — wird. Diese E. müssen von den Berührungspuncten, in welchen sie entstehen, ausgegangen, als nach auſsen thätig und frei betrachtet werden, selbst auch so lange, als die Berührung fortdauert; und nicht als in wechselseitiger Bindung ruhend und latent, weil sie sonst nicht in dem unter 8 angeführten Versuche ihre Gegensätze in den Scheiben der Condensatoren hät-

1 Vgl. Ueber den Volta'schen Fundamentalversuch von C. H. Pfaff. Schweigg. XVI. S. 129.

ten hervorrufen können. Da nun aber anderseits die E. ihre Natur nicht verleugnen können, d. h. dem allgemeinen Gesetze gemäfs wirken müssen, nach welchem gleiche entgegengesetzte E., welche an Ebenen sich befinden, die in wechselseitiger Berührung stehen, sich vollkommen latent und nach aufsen unwirksam machen, so sind wir vorläufig schon gezwungen, hier die Zwischenkunft eines neuen Verhältnisses, einer eigenthümlichen Kraft anzunehmen, welche diese mit gleicher Spannung einander gegenüberstehende E. auseinander hält, und trotz der vollkommenen Leitung ihrer Ausgleichung, ungeachtet der für die wechselseitige Bindung günstigsten Umstände, ihr Latentwerden hindert, und es erlaubt, dafs sie in dieser ihrer Wirkung nach aufsen die Platten von Condensatoren bis zu demselben Grade ihrer eigenen Spannung laden, wenn die Umstände von der Art sind, dafs durch diese Ladung nicht zugleich der bestimmte Spannungs-Unterschied, bis zu welchem jene mit einem bestimmten Mafse wirkende Kraft, die E. allein auseinander zu halten vermag, überschritten werden müfste. Welches nun diese Kraft und welches die Wirkungsart derselben, und wie weit die vorläufig hier aufgestellte Behauptung, dafs die in der Berührung erregte E. auseinander, statt gegeneinander wirken, nicht von allen Seiten zugegeben worden ist, darüber wird der theoretische Theil am schicklichsten weitere Auskunft ertheilen.

12. *Eintheilung der Erreger des Galvanismus. System der trockenen Erreger und Spannungsreihe derselben.* Dasselbe Verhältnifs oder derselbe el. Erregungsprocefs, der durch die angeführten Versuche für Zink und Kupfer nachgewiesen worden ist, läfst sich auf ähnliche Weise auch für je zwei andere Körper, die in einem merklichen Grade Leiter der E. sind, nachweisen, die eben darum auch, weil sie durch ihre blofse Berührung die vorher ruhende oder im Gleichgewicht gestandene E. in Bewegung setzen, oder das vorherige Gleichgewicht stören, mit dem allgemeinen Namen von *Elektricitätsbewegern* (*Elektromotores*) bezeichnet werden können. Nach der Art aber, wie sie sich in diesem merkwürdigen Processe gegen einander verhalten, zerfallen sie selbst wieder in zwei Hauptabtheilungen welche VOLTA zuerst genau unterschieden hat, nämlich:

1. In Erreger oder Elektromotoren der ersten Classe oder *trockene Erreger*, und

2. in Erreger oder Elektromotoren der zweiten Classe oder *feuchte Erreger*.

Zu den Erregern der ersten Classe, die, wie alle Erreger auch Leiter der galvanischen Thätigkeit sind, gehören a. alle Metalle in ihrem reinen metallischen Zustande, sowohl die Metalle im engern Sinne, oder die schweren Metalle, als auch die leichten Alkali- und Erd-Metalle, b. alle Metalllegirungen, c. alle Erze, welche noch in einem merklichen Grade Leiter der E. sind, also die meisten Verbindungen der Metalle mit Schwefel und Selen, d. viele Verbindungen der Metalle mit Sauerstoff, die gleichfalls Leiter der E. sind, e. die Kohle und mehrere kohlenhaltige Körper, in welche die Kohle mit ihren charakteristischen physischen Eigenschaften mehr eingemengt, als chemisch damit verbunden ist, so wie die Verbindungen der Metalle mit Kohle.

13. Je zwei Körper dieser ersten Classe mit einander in *Berührung* gebracht, verhalten sich auf ähnliche Weise wie *Kupfer* und Zink, dieselbe Art von Elektricitätserregung oder Störung des el. Gleichgewichts tritt ein, die eben so bis zu einem bestimmten, für je zwei solche Körper constanten, Spannungsunterschiede geht, die man auch den Grad el. Polarisirung nennen kann, welche für den einen derselben + für den andern — *ist*. Vergleicht man nun das galvanische Verhalten dieser Körper, d. h. die Art und Intensität der el. Polarität, welche jeder einzelne nach der Reihe mit allen übrigen zeigt, so ergiebt sich das für die Theorie höchst wichtige Resultat, daſs alle diese Körper in eine groſse Reihe geordnet werden können, so daſs zwischen zwei Körpern, welche die Endglieder der Reihe ausmachen, alle übrigen ihren Platz finden, und so auf einander folgen, daſs a. der Spannungsunterschied oder die el. Polarität, welche die beiden an den zwei äuſsersten Enden der Reihe stehenden Körper mit einander geben, die gröſste Intensität hat, — für den einen und + für den andern. b. Daſs überhaupt je zwei Körper dieser Reihe eine um so gröſsere el. Polarität, — für den einen und + für den andern, oder was damit gleichbedeutend ist, einen um so gröſseren Spannungsunterschied zeigen, je weiter sie in der Reihe aus einander liegen, oder je mehrere zur Reihe gehörige Körper zwischen sie fallen. c. Daſs mit Ausnahme der beiden an den Extremen stehenden Körper, wovon man den einen in Beziehung auf die

Reihe selbst, den absolut positiven, den andern den absolut negativen nennen kann, wiefern jener mit allen übrigen +, dieser hingegen — wird, alle übrigen gleichsam nach zwei Seiten hingekehrt mit allen dem — Ende näher wie sie liegenden +, mit allen dem + Ende näher stehenden, dagegen — werden; d. dafs endlich der Spannungsunterschied zweier Körper a und z jedes Abstandes in dieser Spannungsreihe gleich ist der Summe der einzelnen Spannungsunterschiede aller zu diesem Stücke der Reihe gehörenden zwischen ihnen liegenden Körper in der Ordnung genommen, wie sie auf einander folgen, d. h. dafs der Spannungsunterschied von a z = ist dem Spannungsunterschiede von a b + b c + c d..... + w z, woraus denn von selbst folgt, dafs der Spannungsunterschied der beiden äufsersten Endglieder gleich ist der Summe der Spannungsunterschiede aller übrigen Glieder der Reihe in der Ordnung genommen, welche das Gesetz der Reihe erheischt.

14. Die Auffindung dieser Spannungsreihe und der angegebenen Gesetze insbesondere, oder die richtige Anordnung der Körper, für welche allein diese Gesetze gültig sind, ist ein reines Resultat der Erfahrung. Es kommt daher alles auf die Genauigkeit und Untrüglichkeit der Methode an, deren man sich zur Ausmittelung jenes Verhaltens und insbesondere zur Bestimmung der Gröfse des Spannungsunterschiedes bedient. Vor der Entdeckung des Elektromagnetismus gab es innerhalb der Sphäre des einfachen Galvanismus zweierlei Methoden der Ausmittelung, nämlich durch den Condensator und die Aequivalente desselben, den Collector und Duplicator, und durch Froschpräparate, wozu dann nach Erfindung der Säule die Methode durch Hülfe derselben die Spannung zu verstärken hinzukam. Die Methode der Ausmittelung durch den Condensator besteht darin, dafs man mit einer Collectorplatte von Zink, die auf ein Goldblattelektrometer aufgeschraubt wird, die verschiedenen Körper, die man zwischen den Fingern hält, in Berührung bringt, während man zugleich die obere Scheibe des Condensators, die von einem beliebigen Metalle seyn kann, ableitend berührt; da in diesem Falle der zwischen den Fingern gehaltene Körper in 0 el. Zustande bleibt (indem hierbei von der schwachen galvanischen Einwirkung der Finger selbst abgesehen wird), so erreicht die el. Spannung des Zinks ihr mögliches Maximum.

Man wird finden, dafs das Zink zwar mit allen unter 12 aufgezählten Körpern positiv el. wird, aber in einem verschiedenen Grade, und anderweitige Versuche, von denen sogleich die Rede seyn wird, haben dann bewiesen, dafs diejenigen Körper, mit welchen das Zink in geringerem Grade + el. geworden ist, mit allen denjenigen, die dasselbe stärker erregt hatten, ihrerseits in der Berührung + letztere — werden. Da auf die Intensität der el. Spannung, welche an dem Goldblattelektrometer nach Abhebung des Deckels des Condensators sichtbar wird, weder die Gröfse noch die Gestalt des mit dem Zink in Berührung gesetzten Körpers einen merklichen Einflufs zu haben scheint, so sind auch die kleinsten Bruchstücke der verschiedenen Körper hierzu brauchbar. Die einzige Unvollkommenheit dieser Methode besteht darin, dafs alle Spannungsverschiedenheiten der so ungemein grofsen Zahl von Körpern, die zur ersten Classe gehören, innerhalb der Grenzen einiger Grade des Goldblattelektrometers eingeschlossen sind, und die Spannungen, welche in der Reihe an einander grenzende Körper in dem Zinke hervorrufen, in ihrer Gröfse an einem gewöhnlichen Goldblattelektrometer nicht unterscheidbar sind, und folglich nach dieser Methode ihre respective Stelle verhältnifsmäfsig gegen einander in der Reihe nicht wohl zu bestimmen wäre. Indefs lassen sich diese kleineren Verschiedenheiten schon dadurch sichtlicher machen, dafs man sich eines Elektrometers nach PARROT's Angabe[1] bedient, welches ich schon früher zu diesem Behufe in Anwendung gebracht hatte[2], wo nämlich eine Stange seitwärts dem Goldblättchen genähert wird, das längs einem Metallstabe von gleicher Breite und Länge herabhängt, und durch die verschiedenen Entfernungen, in welchen die hineingeschobene Stange das Goldblättchen bis zu einer bestimmten Elongation anzieht, auch schon kleine Verschiedenheiten in der erregten Spannung mit Genauigkeit angezeigt werden. Man kann nun ferner auch der Collectorplatte von Zink eine in Kupfer substituiren, mit welcher dann alle diejenigen Körper, welche in der ersten Reihe von Versuchen mit dem Zinke eine schwächere positive Spannung hervorbrachten, als das Kupfer, in der Kupferplatte nunmehr eine

1 S. *Elektrometer.* Th. III. S. 656.

2 G. XXIII. 55.

negative, dagegen alle diejenigen Körper, die das Kupfer in der positiven Erregung übertroffen hatten, nun auch im Kupfer + E. erregen werden, aber um die ganze Gröſse vermindert, welche das Kupfer an und für sich in dem Zinke hervorgerufen hatte. Noch läſst sich die el. Erregung, welche je zwei Körper der ersten Classe mit einander gaben, auch unmittelbar nach dem in 6 angegebenen Verfahren finden, indem man den einen Körper zwischen den Fingern hält, den andern darauf, und auf diesen eine mit Wasser benetzte Pappscheibe legt, so daſs die Gemeinschaft mit der Collectorplatte des Condensators, die in diesem Falle von einem beliebigen Metalle seyn kann, keine unmittelbare, sondern durch den feuchten Leiter vermittelte ist. Es versteht sich von selbst, daſs ehe der Deckel des Condensators aufgehoben wird, die Körper auſser Berührung mit der Collectorplatte gebracht werden müssen. Kehrt man dann den Versuch um, so daſs nur derjenige Körper, der vorher ableitend berührt wurde, vermittelst des feuchten Leiters mit der Collectorplatte in die nächste Gemeinschaft kommt, so wird nun die entgegengesetzte E. von merklich gleicher Spannung zum Vorschein kommen, und zwar wird von zweien solchen Körpern jedesmal derjenige, der in der ersten Reihe von Versuchen mit dem Zinke die stärkere positive Spannung gesetzt hatte, negativ, der andere positiv erscheinen, und der Unterschied, der in jener Reihe von Versuchen zwischen den respectiven Spannungen, die sie am Zinke gaben, sich zeigte, wird gleich der el. Spannung seyn, welche sie mit einander selbst geben, wobei aber vorausgesetzt wird, daſs zur Bestimmung der Spannungen ein so viel möglich genau regulirtes Elektrometer angewandt werde.

Da selbst durch Hülfe eines sehr guten Condensators von einer 100 bis 200fachen condensirenden Kraft, die schwachen Elektricitäten, welche nahe an einander grenzende Metalle mit einander erregen, nicht angezeigt werden, namentlich bei der Berührung einer Collectorplatte von Kupfer mit Gold, Platin, Silber, Antimon, Wismuth, Eisen keine Wirkung zum Vorschein kommt, und nur eben das Zinn einerseits und die Kohle andererseits anfangen, einige Spuren zu zeigen, so hat man durch zu Hülfe nehmen eines zweiten Condensators von ganz gleicher Beschaffenheit wie der erste ein sehr bequemes und sicheres Mittel diese schwachen Spannungen ungemein zu ver-

stärken, ein Mittel, welches besonders auch nützlich ist, wenn man die schwache Erregung mancher feuchten Erreger mit den trockenen bestimmen will. Man schraubt nämlich auf ein zweites Elektrometer den zweiten Condensator und zwar so, dafs die darauf geschraubte Scheibe, die als Collectorplatte dient, mit der oberen Scheibe des ersten Condensators homolog ist. Gesetzt nun, die erste Scheibe zeige nach dem ersten Abheben die Spannung hundertmal verstärkt, und der zweite Condensator condensire seiner Seits auch hundertmal, so wird man, wenn man den Versuch durch Berühren der untern Platte des ersten Condensators, Abheben seiner oberen Scheibe, und Anbringen derselben an die Collectorplatte des zweiten Condensators oft genug wiederholt, die ursprüngliche Spannung bis auf das 10000fache verstärken können, und selbst bei den schwächsten Erregungen wird gewöhnlich eine zehnmalige Wiederholung dieses Verfahrens hinreichen, die Goldblättchen zum Anschlagen zu bringen. Eine gleiche metallische Beschaffenheit der oberen Scheibe des ersten und der untern oder Collectorscheibe des zweiten Condensators ist darum nöthig, damit zwischen ihnen selbst durch wechselseitige Berührung keine Elektricitätserregung statt finde, und sich in das Resultat einmische. Aus dem Gesetze der Wirkungsart des Condensators leuchtet übrigens von selbst ein, dafs die E., welche das zweite Elektrometer zeigt, gerade die *entgegengesetzte* von derjenigen ist, welche der zu prüfende Körper in der untern Scheibe des ersten Condensators erregt hat.

15. Ein zweites Verfahren, in der ersten Periode häufig angewandt, um die Stelle, welche die Erreger der ersten Classe in der Spannungsreihe einnehmen, zu bestimmen, und auszumitteln, welcher von beiden der positive, welcher der negative sey, bestand in der Anwendung derselben als Armaturen bei Froschpräparaten. Ritter hat besonders dieses Verfahren unter verschiedenen Abänderungen benutzt[1]. Man präparirt die Fig 78
hinteren Extremitäten, und zwar für diesen Zweck am besten von kleinen und jungen Fröschen, indem man die Cruralnerven a, b, soviel möglich von allem Zellgewebe und den Blutgefäfsen,

1 Neue Versuche und Bemerkungen u. s. w. In Briefen an den Herausgeber. Erster Brief. Ueber die Spannungsreihe der Leiter. G. XVI. 293.

die zugleich mit ihnen zu den Muskeln gehen, befreit, dann das Becken, auf dem sie liegen, indem man das eine Blatt einer Scheere unter die Cruralnerven selbst schiebt, und das Becken zwischen dieses Blatt und das andere bringt, dicht über den Schenkeln und am Ende des Rückgrats durchschneidet, dasselbe entfernt, und nun noch das Rückgrat selbst dicht über dem Ursprunge der Cruralnerven trennt, wodurch der Vortheil erreicht wird, dafs die hintern Extremitäten mit ihren Nerven von dem übrigen Körper getrennt sind, diese Nerven selbst aber noch an einem kleinen Stückchen des Rückgrats hängen, wodurch die Handhabung derselben sehr erleichtert wird. Um jede Extremität mit ihrem Nerven abgesondert für sich dem Versuche unterwerfen zu können, durchschneidet man nun noch jedes Stückchen vom Rückgrat in der Mitte der Länge nach, wo dann der Nerve jeder Seite an der dieser zugehörigen Hälfte hängen bleibt, und leichter manipulirt werden kann. Wenn man an den einen Nerven a Zink, in welcher Form man will z. B. in Form eines Plättchens, womit man den Nerven auch wohl umwickeln kann, an den andern Kupfer anlegt, und nun die Kette schliefst, dadurch dafs man das Zink mit dem Kupfer in Berührung bringt, so zeigt sich namentlich bei kleinern und jüngern Fröschen fast sogleich nach Abtrennung der Gliedmafsen von dem übrigen Körper, bei gröfseren etwas später im Augenblicke der Schliefsung die Zuckung (*Schliefsungszuckung*) bestimmt allein, oder doch die stärkere Zuckung in derjenigen Extremität, deren Nerv mit dem Zinke, und die Zuckung in dem Augenblicke der Trennung (*Trennungszuckung*) bestimmt allein oder eben so vorzüglich in derjenigen Extremität, deren Nerv mit dem Kupfer bewaffnet ist. In diesem Zustande der Erregbarkeit, vorzüglich aber wenn die Schliefsungszuckung ausschliefslich in der mit dem Zinke, die Trennungszuckung ausschliefslich in der mit dem Kupfer armirten Extremität eintritt, ist das Froschpräparat zu obigen Versuchen tauglich. Uebersieht man dieses, so können die Resultate widersprechend ausfallen. Es giebt nämlich Zustände von höherer Reizbarkeit, namentlich bei gröfseren Individuen, wo unmittelbar nach der Abtrennung der Gliedmafsen vom Rumpfe, gerade der entgegengesetzte Erfolg statt findet, indem die Schliefsungszuckung ausschliefslich oder wenigstens vorzüglich in der mit Kupfer armirten Extremität eintritt, Zustände, über welche besonders Ritter

interessante Erfahrungen mitgetheilt hat[1]. In jenem zweiten Zustande der Erregbarkeit, dessen Daseyn wir hier voraussetzen, wird von den beiden Körpern, mit denen die Nerven armirt werden, stets derjenige der positive seyn, welcher die Schliefsungszuckung, derjenige dagegen der negative, welcher die Trennungszuckung giebt. Man kann auf diese Weise jeden beliebigen Körper *α* mit allen übrigen experimentirend vergleichen. Gesetzt man hätte gefunden, dafs er mit einer Zahl von Körpern *β*, *γ*, *δ*, *ε*, u. s. w. die Schliefsungszuckung, dagegen mit einer andern Zahl von Körpern b, c, d, e, u. s. w. die Trennungszuckung gegeben hätte, so wird auch jeder der Körper b, c, d, e, mit allen Körpern *β*, *γ*, *δ*, *ε* die Schliefsungszuckung, letztere aber werden die Trennungszuckung geben. Auch wird man immer bei der Prüfung des el. Verhältnisses dieser beiden Körper durch den Condensator (nach 6) finden, dafs derjenige, der die Schliefsungszuckung gegeben hat, gegen denjenigen, der die Trennungszuckung gab, sich positiv, letztere gegen ihn sich negativ verhält. Nach der Analogie, da man bis jetzt dieses Resultat stets erhalten hat, kann man daher schliefsen, dafs es allgemein gültig sey. Und eben darin liegt der Werth dieses Verfahrens, dafs man vermittelst dieser Zuckungsversuche noch Auskunft über die relative Stelle zweier Körper in der Spannungsreihe erhalten kann, wo der Condensator nicht mehr ausreicht, d. h. keine Elektricitätserregung zwischen ihnen selbst, oder keinen Unterschied in der Spannung, den sie etwa mit einem dritten Körper eingehen, anzeigt, weil beide zu geringe sind. Ritter hat ein Verfahren angegeben, das noch weiter als das erwähnte reicht, um die Stelle irgend eines trockenen Erregers in der Spannungsreihe zu bestimmen[2]. Mit dem zu untersuchenden Körper und einem seinem Orte in der Spannungsreihe nach schon bekannten Metalle schliefst man eine Kette genau, wobei das Froschpräparat bereits schon so weit in seiner Erregbarkeit gesunken seyn kann, dafs es bei der Schliefsung der Kette gar keine Zuckung mehr zeigt, und sichert die mit einander verbundenen Erreger am Berührungsorte g Fig. 78. durch eine kleine hölzerne Schraube, oder auch, indem man sie mit einem Gewichte beschwert, vor jeder Verrückung. Dar-

1 S. Dessen Beiträge 2ter Bd. 3tes u. 4tes Stück. S. 70 ff.
2 G. XVI. 296.

auf nimmt man die äufsere Belegung einer kleinen sehr schwach geladenen Leidner Flasche zwischen die feuchten Finger der einen Hand, berührt mit einem angefeuchteten Finger der andern Hand die Kette bei h, und bringt sodann den Knopf oder Haken der innern Belegung bei g, gleichviel ob an e oder an f. War die Flasche inwendig positiv geladen und erschien beim Entladen durch die Kette g h die Zuckung allein oder vorzüglich in dem Schenkel, dessen Nerve mit dem seiner el. Qualität nach zu bestimmenden Körper armirt ist, so kann man gewifs seyn, dafs jener Körper x in Berührung mit dem andern sich positiv el. verhalte, erscheint aber die Zuckung im andern Schenkel, so ist x der negative Erreger. Der Grund dieser Methode beruht darauf, dafs auf der zweiten Stufe der Erregbarkeit die + E einen stärkeren Reiz auf den Nerven ausübt, als die negative, wenn nämlich jene abwärts in der Richtung nach dem Muskel durch den Nerven wirkt, oder die Richtung, in welcher die Ausgleichung zwischen + und — erfolgt, für das + den Nerven abwärts nach den Muskeln zu statt findet, als wenn die — E sich in diesem Falle befindet. In der Sprache derjenigen, welche nur eine el. Materie annehmen, würde man sagen, dafs der den Nerven abwärts gehende el. Strom einen stärkern Reiz ausübt, als der die Nerven aufwärts gehende. Nun aber verhalten sich zwei Metalle (oder überhaupt zwei Erreger der ersten Classe) wenn sie, wie in dem Fingerversuche, mit den Nerven und Muskeln zur Kette geschlossen werden, in Beziehung auf die Nerven wie die äufsere und innere Belegung einer geladenen Flasche bei ihrer Entladung, so dafs, wenn die Flasche im Innern geladen ist, dasjenige Metall, das nach Art der innern Belegung wirkt, das positive, das andere das negative ist. Da nun das positive Metall bei der oben angegebenen Entladungsweise der Flasche in demselben Sinne wie die Flasche selbst, das negative Metall in einem entgegengesetzten Sinne wirkt, so mufs für den Schenkel, dessen Nerve mit dem positiven Metalle armirt ist, der Reiz verstärkt, in dem andern dagegen vermindert werden, und eben darum in dem erstern die stärkere Zuckung oder nur ausschliefsend in den letzteren die schwächere zum Vorschein kommen, oder wenn man die Ladung der Flasche schwach genug genommen hat, ganz ausbleiben.

16. Eine dritte Methode das el. Verhalten zweier Erreger

der ersten Classe mit einander auszumitteln, besteht darin, aus einer gehörigen Anzahl von Paaren derselben mit naſsgemachten Scheiben von Pappe oder Tuch eine Volta'sche Säule zu errichten. Da die el. Spannung, welche die zwei, ein einzelnes Paar ausmachenden, trockenen Erreger mit einander geben, im Verhältniſs der Anzahl der Paare zunimmt, so kann man auf diese Art durch Hülfe des Condensators leicht ausmitteln, welcher Pol der Säule der positive, welcher der negative ist, wobei sich dann auch ohne weiteres ergiebt, welcher von den beiden trockenen Erregern in der wechselseitigen el. Erregung mit positivem, welcher mit negativem Charakter auftritt. Auch ohne Hülfe des Condensators läſst sich durch den Ort, an welchem in der Gasentwickelungsröhre, durch welchen man die beiden Pole mit einander verbindet, das Wasserstoffgas auftritt, die el. Beschaffenheit der Pole und damit der einzelnen trockenen Erreger bestimmen, denn wenn auch die Säule in ihrer Wirksamkeit noch so schwach ist, wird man bei Anwendung von *Drähten* zur Entbindung des Gases, die sich leicht oxydiren, wie z. B. von Eisendrähten an der Oxydation des einen, und an der Entwickelung, wenn auch nur einzelner kleiner Gasblasen an dem andern Drahte die Stelle des Oxygen- und Hydrogen-Poles leicht erkennen können. Uebrigens ist dieses Verfahren vorzüglich nur anwendbar für Körper, die sich leicht in eine Form z. B. von Platten bringen lassen, die eine Uebereinanderschichtung derselben gestattet.

17. Vor den bisher angeführten Methoden hat indeſs noch das Verfahren den Vorzug, das wir den Entdeckungen im Gebiete des *Elektromagnetismus* verdanken. Die Art der Ablenkung einer Magnetnadel dient hierbei als Mittel der Bestimmung, und bei gehöriger Vorrichtung ist diese unstreitig das empfindlichste und sicherste Reagens zur Ausmittelung des galvanischen Verhaltens je zweier trockener Erreger mit einander. Man bringt nämlich zwischen die beiden in dieser Hinsicht zu prüfenden Körper eine befeuchtete Pappe oder Tuchscheibe, und schlieſst die Kette, indem man das eine Ende des recht stark vervielfältigenden Multiplicators z. B. von 100 oder 200 Windungen mit dem einen Körper und das andere Ende mit dem andern Körper in genaue Berührung bringt. Kennt man nun zum Voraus die Ablenkung, welche die Nadel durch eine ähnliche Kette von Kupfer und Zink erfährt, so wird von je zwei

andern Körpern x und y die nun die Stelle des Kupfers und Zinks einnehmen, derjenige z. B. y, der an der Stelle des Zinks gerade dieselbe Ablenkung hervorbringt, welche dieses vorher bewirkt hatte, +, und also der andere — seyn, die entgegengesetzte Ablenkung der Magnetnadel wird dagegen den entgegengesetzten el. Charakter, d. h. den — in y, und den + in x verrathen. Sollten die Körper x und y in der Spannungsreihe einander so nahe stehen, daſs die von ihrer durch den Draht des Multiplicators vermittelten Gemeinschaft abhängige Störung des el. Gleichgewichts und darauf beruhende el. Strömung, oder wie man sonst die der geschlossenen Kette statt findende Action auch nennen mag, zu schwach wäre, um die Magnetnadel bei der angegebenen Vorrichtung zu afficiren, so müſste man daſs Reagens der Magnetnadel durch den von Becquerel vorgeschlagenen Apparat[1] oder durch Anwendung des Galvanometers von Nobili [2] noch empfindlicher machen. Auch ganz kleine Bruchstücke von Körpern geben in solchen Fällen noch einen entscheidenden Ausschlag, wenn sie eine etwas stärkere Spannung mit einander erzeugen, obgleich in allen Fällen die Wirkung auf die Magnetnadel mit der Gröſse der Berührungsfläche des feuchten Leiters mit dem trockenen Erreger zunimmt, und bei schwacher Wirkung der letztern mit einander, groſse Platten nöthig sind.

18. Bei Anwendung der von 15—17 beschriebenen Verfahrungsarten ist jedesmal ein feuchter Leiter mit im Spiele. Die el. Action hängt also in allen diesen Fällen nicht bloſs von der Wechselwirkung der trockenen Erreger mit einander, sondern auch beider mit dem feuchten Leiter ab. Dasselbe gilt auch in dem Falle, wenn bei Anwendung des Condensators nach dem in 6 beschriebenen Verfahren der eine trockene Erreger ableitend berührt wird, und also der Einwirkung der Feuchtigkeit der Finger oder des Erdbodens ausgesetzt ist. Die Bestimmung der polaren Thätigkeit der trockenen Erreger nach dem Erfolge jener Versuche gilt daher nur unter der Voraussetzung, daſs der Beitrag der Erregung derselben mit einander überwiegend,

1 Ueber eine Zusammenstellung von Galvanometern, durch welche Minima von Elektricität bemerkbar gemacht werden können. Schweigg. N. R. VIII. 338.

2 Bibl. Univ. XXIX. 119. und Poggendorff's Ann. VIII. 338.

oder ihr Verhalten gegen den feuchten Leiter merklich dasselbe, d. h. der Unterschied desselben geringer ist, als ihre eigene el. Erregung mit einander. Dieses scheint, wie weiter unten gezeigt werden soll, allerdings für die meisten trockenen Erreger in Beziehung auf das bloſse Wasser zu gelten, und in so weit haben daher auch die auf die angezeigten Weisen erhaltenen Bestimmungen ihre Gültigkeit. Wendet man daher statt des letztern einen andern feuchten Leiter an, insbesondere einen solchen, der auf den einen oder den andern der trockenen Erreger eine starke chemische Wirkung ausübt, so kann wohl auch ein Erfolg, z. B. eine Abweichung der Magnetnadel statt finden, welcher gerade ein entgegengesetztes Verhalten der trockenen Erreger anzeigen würde, als sie in der That mit einander eingehen, wenn man nämlich den Erfolg als bloſs abhängig von ihrer Wirkung auf einander ansehen würde.

19. Durch die angezeigten Versuche haben verschiedene *Physiker die* Spannungsreihe der Erreger der ersten Classe in *einem theils* gröſsern theils kleineren Umfange bestimmt. Daſs ihre Resultate nicht ganz mit einander übereinstimmen, hat seinen Grund vorzüglich darin, daſs die von ihnen unter einerlei Namen aufgeführten Körper nicht streng dieselben waren und kleine Beimischungen die Stelle eines Körpers in der Reihe bedeutend ändern können, auch das Verfahren bei den Versuchen nicht immer das richtige war[1]. Ich selbst habe zuerst durch Versuche mit Froschpräparaten die relative Stärke der el. Erregung je zwei trockener Erreger mit einander, durch die Stärke der Zuckungen, welche sie als Armaturen die Nerven und Muskeln erregten, annähernd für viele Körper bestimmt, sie auch schon in Beziehung auf einander durch die Zeichen + und — unterschieden, wobei ich denjenigen der beiden Erreger, der als Muskel-Armatur mit dem andern als Nerven-Armatur einen stärkern Reiz als bei der umgekehrten Vertheilung ausübte, durch + bezeichnete, wofür aber nach den spätern Aufklärungen gerade das entgegengesetzte Zeichen gilt[2]. Demnächst hat Volta[3] auf ähnliche Weise die Spannungsreihe bestimmt. Sie

1 Vgl. Meine vorläufigen Bemerkungen in G. XXIII. S. 52.

2 Ueber thierische Elektricität u. s. w. S. 60 ff. S. 96 ff.

3 S. Dessen Schreiben an den Herrn Abt Vassali über die thierische Elektricität, herausgegeben von Mayer, Prag 1796 und dessen erste Abhandlung über die sogenannte galv. Elektricität in G. X. 436.

ist folgende, wobei ich, wie bei den nachfolgenden Reihen mi[t] dem am meisten negativen Körper den Anfang mache und di[e] Erreger so auf einander folgen lasse, wie jeder derselben mi[t] den ihm vorangehenden +, mit den ihm nachfolgenden — wird: — Schwarzes krystallisches Braunsteinoxyd (sogenanntes Graubraunsteinerz); Graphit; verschiedene Arten von Kohle; Silber; Quecksilber[1]; Kupfer; Eisen; Zinn; Blei; Zink +.

Viel umfassender ist die von Ritter aufgestellte Reihe[2] vorzüglich auch durch Versuche mit Froschpräparaten bestimmt: — Krystallisirtes Magnesiumoxyd; Graphit; Palladium; Arsenikkies; Kupferkies; Schwefelkies; Kupfernikel; Zinngraupen; Bleiglanz; Kohle; Silber; Quecksilber; Gold; Platin; Spiefsglanz; Messing; Kupfer; Arsenik; Kobalt; Wismuth; Eisen; Zinn; Blei; Zink +.

Dr. Heidmann hat gleichfalls nach Versuchen an Froschpräparaten eine Spannungsreise der trockenen Erreger, die sich auf eine noch viel gröfsere Anzahl von Körpern erstreckt, aufgestellt[3]. Er hat aber das Versehen dabei begangen, dafs er die beiden trockenen Erreger Z und S, die er als Armaturen der
Fig. 79. beiden Nerven der hintern Froschextremitäten anwendete, um nach dem Eintreten der Schliefsungszuckung in der einen und der Trennungszuckung in der andern Extremität den + und — el. Charakter der beiden Körper zu bestimmen, nicht in unmittelbare Berührung mit einander brachte, oder nicht durch einen Metalldraht, sondern durch eine nasse leinene Schnur f mit einander verband. In diesem Falle wurde also die Richtung der el. Thätigkeit (der Strömung) nicht durch die Art, wie die trockenen Erreger selbst in ihrer unmittelbaren Berührung auf einander wirken, sondern durch die Art, wie sie in Berührung mit dem feuchten Leiter el. erregt werden, bestimmt. Hierbei ist es nun allerdings merkwürdig, dafs auch bei dieser, an sich unrichtigen, Art der Bestimmung, die Reihe im Ganzen eben so ausfiel, wie bei der in 15 beschriebenen richtigen Methode, indem auch in diesem Falle die Schliefsungszuckung auf Seiten desjenigen trockenen Erregers eintrat, der mit dem andern in unmittelbarer Berührung + geworden wäre, also z. B. bei An-

1 Vgl. Pfaff und Friedländer franz. Annalen 1s Heft. 177. 178.
2 G. XVI. 293.
3 G. XXI. 93.

wendung von Zink (Z) und Silber (S) auf Seiten des Zinks. Es würde sich daraus das allgemeine Resultat ergeben, daſs von zwei trockenen Erregern derjenige, der mit dem andern — wird, auch mit dem Wasser oder der Nervensubstanz in einem höheren Grade — werde, als der andere mit ihm + werdende: weil nur unter dieser Bedingung die el. Action (Strömung) dieselbe Richtung erhalten kann, wie durch unmittelbare Berührung der trockenen Erreger unter einander. Uebrigens weicht HEIDMANN's Spannungsreihe darin von allen andern wesentlich ab, daſs an ihrem einen äuſsersten negativen Ende Kohle, Kohlenblende und Graphit noch über dem krystallisirten Braunsteinerze steht, was nach allen sonstigen Bestimmungsarten unrichtig ist, auch finden sich noch sonstige Abweichungen z. B. in Betreff der Stelle des Platins, das dem negativen Ende viel zu nahe steht u. s. w.

Die umfassendste Spannungsreihe der reinen Metalle verdanken wie POGGENDORFF[1] der sie durch die Hülfe der Magnetnadel und des Multiplicators nach der unter 17 angegebenen Methode ausgemittelt hat, und zwar in folgender Ordnung: — (Manganhyperoxyd, Graphit); Platin; Kohle; Bleiganz, Gold; Tellur; (Schwefelkies, Schwefelkupfer); Quecksilber, Nickel; Silber; Chrom; Arsenik; Antimon; Wismuth; Kobalt; Kupfernikel; Magneteisenstein; Kupfer; Messing; Uran; Stahl; Eisen; Zinn; Blei; Mangan; Kadmium; Zink +.

Ganz neuerlich hat Dr. MARIANINI Professor der Physik zu Venedig, gleichfalls mit Hülfe der Magnetnadel die Spannungsreihe der trockenen Erreger bestimmt[2], wobei er nur auf die Richtung ihrer Abweichung, und nicht auf die Gröſse derselben Rücksicht nahm, welche, wie er richtig erkannte, nicht bloſs von der Art und dem Grade der el. Erregung der trockenen Erreger mit einander, sondern von der Intensität der Leitung in der geschlossenen Kette abhängt, welche durch mehrere von jener Erregung unabhängige Umstände bestimmt wird. Als feuchter Zwischenleiter diente ihm Meerwasser mit $\frac{1}{100}$ Schwefelsäure und zwar brachte er in seinen Versuchen jede Substanz mit allen übrigen zusammen, um ihren relativen el. Werth zu bestimmen und wo die Substanzen mit einander nur eine sehr

1 Isis. 1821. 706.

2 Schweigg. J. N. R. XIX. 48.

schwache Erregung gaben, suchte er durch Vergrößserung der Platten den Ausschlag noch merklich zu machen. Auch hier gilt indeſs die Bemerkung, daſs der Schluſs auf den relativen el. Charakter der beiden Erreger nur unter der Voraussetzung gültig ist, daſs die elektromotorische Wirkung der beiden trockenen Erreger mit einander das Uebergewicht in der Bestimmung der Richtung des el. Stromes über die elektromotorische Thätigkeit der Feuchtigkeit mit den beiden trockenen Erregern nach beiden Seiten hin habe, sey es nun, daſs diese letztere Erregung überhaupt an sich die schwächere sey, oder, wenn gleich die stärkere, sich wechselseitig durch ihre gleichartige Wirkung nach entgegengesetzten Seiten hin aufhebe.

Folgendes ist die von Marianini aufgestellte Reihe von dem am meisten negativen Erreger ausgegangen: — Kohle (sehr oxydirte, lange der Luft ausgesetzte;) Graubraunsteinerz (strahliges); Schwefelkies (unkrystallisirter); Magnetkies, Arsenikkies (krystallisirter); Graphit; Tellur (Goldhaltiges, gediegenes); Gold; Platin; Kupferkies; Tellur (blättriges); Kobaltglanz; Fahlerz; Arseniknickel; Kohle (langsam bis zur Temperatur der Luft erkaltet und frisch bereitet); Bleiglanz; Rothgültigerz; Antimonsilber; Quecksilber; Silber; Antimon (angelaufenes); Arsenik; Molybdänglanz; Zinnober (krystallisirter); Kupfer (angelaufenes); Antimon (glänzendes); Kohle (kurz nach dem Ablöschen durch schnelles Eintauchen in Wasser); Nickel; Wismuth (angelaufenes); Messing (sehr oxydirtes); Kupfer (glänzendes); Messing; Magneteisen (krystallisirtes); Eisen; Blei (angelaufenes); Mangan; Zinn; Blei (glänzendes); Kohle in dem Augenblicke geprüft, wo die lebhaft brennende in Wasser eingetaucht wird); Zink +. Uranpecherz, natürliches Chrom-Eisen und dunkles Rothgültigerz, welche in meinen Versuchen sehr bestimmte el. Erregung mit Zink durch den Condensator geprüft zeigten, gaben Marianini keine Spur von elektromotorischer Thätigkeit.

Meine eigenen Versuche mit dem Condensator gaben mir, unter der Voraussetzung, daſs, wenn von zwei Körpern a und b der eine a einen dritten α in höherem Grade + oder — macht, als der Körper b, a mit b im ersten Falle —, im zweiten Falle + werde, eine Voraussetzung, für welche die Analogie der damit übereinstimmenden directen Resultate vieler Versuche

spricht, folgende Reihe, die zugleich eine groſse Zahl von Erzen umfaſst:

— Krystallisirtes Graubraunsteinerz; Schrifterz (eine Legirung von Gold, Silber und Tellur); Derber Wolfram (eisenhaltiges Scheeloxydul); Graphit; Titanoxyd (sogenannter Oisanit oder Atanase); Cornisches Zinnerz (Pecherz); Uranoxydul; Schwefelmolybdän (Wasserblei); Arsenikkies; Kupfernickel; Zinngraupen; Bleiglanz; Kupferkies; Kupferglanzerz; Schwefelkies; Glaserz; Kohle; Silber; Quecksilber; Gold; Platin; Spieſsglanz; Kupfer; Arsenik; Kobalt; Wismuth; Eisen; Zinn; Kadmium; Blei; Zink +.

Die von Cumming aufgestellte Reihe [1]: Kohle; Platin; Gold; Silber; Antimon; Kupfer; Blei; Zinn; Eisen; Wismuth; Zink; verdient bei den auffallenden Abweichungen von den Resultaten anderer Physiker kein Zutrauen, auch bleibt es unerklärlich, wie er das Kohlenende +, das Zinkende — nennen kann.

20. Der Spannungsunterschied, welchen je zwei einander in der Spannungsreihe, wie sie namentlich nach meinen eigenen Versuchen aufgestellt ist, zunächst gelegene Körper mit einander zeigen, ist bei weitem nicht immer gleich dem Spannungsunterschiede je zweier anderer gleichfalls unmittelbar an einander grenzender Körper, oder gleiche Intervalle, nach der Zahl der zwischengelegten Körper bestimmt, bestimmen nicht gleiche Gröſsen des Spannungsunterschieds. So findet gleichsam ein auffallender Sprung vom Zink zum Blei statt, so daſs dieses mit jenem eine eben so groſse Erregung giebt, als die Kohle mit dem Blei, so theilt das Kupfer die ganze Reihe gleichsam in zwei Hälften, ohngeachtet in dem einen Zwischenraume zwischen den Graubraunsteinerze und Kupfer sich in meiner Reihe 22 Körper, in dem andern Zwischenraume zwischen dem Kupfer und Zink sich nur 6 befinden. Berührt man die Collectorplatte von Zink mit Kupfer, das man zwischen den Fingern hält, so zeigt sich im Zinke eine eben so starke positive Spannung durch die Divergenz der Goldblättchen, als im Kupfer, wenn man nämlich die obere Kupferscheibe desselben Condensators zur Collectorscheibe macht, und mit einem zwischen den Fingern gehaltenen Krystalle von Graubraunsteinerz berührt, und

1 Schweigg. X. 323.

die Spannung fällt doppelt so grofs aus, wenn man wieder die Zinkscheibe als Collectorscheibe mit dem Braunsteine berührt. Dieses Maximum von el. Spannung, was überhaupt durch die el. Erregung zweier Körper in der blofsen Berührung zum Vorschein kommt, an sich betrachtet und auf seinen einfachen Werth zurückgeführt, ist so gering, dafs man kaum einige Wirkungen davon erwarten sollte. Zu seiner genauen vergleichbaren Bestimmung mufs man die condensirende Kraft des angewandten Condensators genau kennen, und ein Elektrometer besitzen, dessen Grade einen vergleichbaren Werth haben. Die Erreichung der ersten Bedingung hat keine Schwierigkeit[1], um so mehr die der zweiten[2]. VOLTA bestimmte die Spannung des Zinks mit dem Silber auf 0 bezogen d. h. in ihrem Maximum zu $\frac{1}{60}$ Grad seines Strohhalmelektrometers. Durch den Condensator etwa 100 mal verstärkt bewirkt diese Spannung in meinem Goldblattelektrometer, dessen Blättchen $1\frac{1}{4}$ Z. lang und etwa 2 Lin. breit sind, eine Divergenz von reichlich 2 Linien oder etwa von 6 Graden, oder die ursprüngliche Spannung ist etwa $\frac{1}{16}$° desselben. Würden alle Körper, welche zur ersten Classe gehören, in der oben aufgestellten Reihe wirklich aufgezählt worden seyn, so möchte sich vielleicht ergeben, dafs die Spannungen von dem einen Ende zum andern mehr regelmäfsig stufenweise zunehmen, indem dann die Lücken wegfielen, welche jene Sprünge in den Spannungsunterschieden veranlassen, wie namentlich der Lücke zwischen Zink und Blei, in welcher mehrere andere noch nicht untersuchte Metalle ihren Platz finden dürften, und in PAGGENDORF's Reihe bereits gefunden haben. Auch ist das Zink wohl schwerlich das am meisten positive Metall, vielmehr wird aller Wahrscheinlichkeit nach die Reihe durch die Alkali- und Erd-Metalle fortgesetzt, und es wäre der Mühe werth, das Ammoniumamalgam auf seinen el. Werth zu prüfen, der ohne Zweifel schon mit dem Zinke in hohem Grade positiv für ersteres ausfallen dürfte.

Ueber den Einflufs der Versetzungen der Metalle miteinander auf ihr galvanisches Erregungsvermögen, und also auch über die Stelle, welche verschiedene Metalllegirungen in der Spannungsreihe einnehmen, hat besonders RIT-

1 S. *Condensator.*

2 S. *Elektrometer.*

TER[1] viele Versuche angestellt und als Resultat erhalten, daſs keine einzige Mischung zweier oder mehrerer Metalle den Ort in der Spannungsreihe einnimmt, welchen sie für ein Mittel aus ihren Factoren genommen, der Rechnung nach einnehmen sollte, daſs von je zwei Metallen, welche mit einander in Vermischung kommen, eines vorzugsweise sich zum charakterisirenden aufwirft, und zwar im Durchschnitte das positive, so daſs die Metallmischung nicht bloſs positiver ist, als man nach dem Mittel beider Metalle erwarten sollte, sondern sogar häufig noch positiver, als das positivste von beiden Metallen, indem namentlich alle untersuchten Amalgame von Zinn und Quecksilber sogar noch unter das Blei zwischen dieses und das Zink, ferner die Amalgame von Zink und Quecksilber, Zinn und Quecksilber und letztere in noch höherem Grade als jene sogar unter das Zink fielen, und mit diesem noch positiv wurden, Amalgame von Quecksilcer und Gold sich mit beiden Metallen positiv verhielten, und sogar Versetzungen von Zink und Zinn in den Verhältnissen von 256: 1; 128: 1; endlich von 64: 1; sich gleichfalls positiver als das reine Zink erhielten, daſs endlich alle Reihen, die durch Mischungen der nämlichen Metalle mit einander, aber in regulärsteigenden Verhältnissen entstehen, die Form des Zickzacks haben, oder wo nur wenige Glieder vorhanden sind, doch die Anlage dazu verrathen, so daſs in der Reihe der Versetzungen des Zinks mit dem Zinn bei allmäliger Zunahme des letzteren nicht der positive Charakter der Legirung regelmäſsig abnimmt, sondern mit Abwechslungen ab- und dann wieder zunimmt[2]. Nur zwei merkwürdige Ausnahmen führt Ritter an, wo die Metalllegirung einen mehr negativen Charakter zeigt, als nach einem Mittel aus beiden Metallen zu erwarten gewesen wäre, nämlich Messing, welches zwischen Kupfer und Platin fällt, und Silber in einem gewissen Verhältnisse mit Quecksilber versetzt. Heidmann behauptet zwar durch seine Versuche gefunden zu haben, daſs die Metalllegirungen in der Reihe stets zwischen den Metallen, aus denen sie zusammengesetzt sind, stehen, und erklärt die abweichenden Resultate Ritter's aus dem mangelhaften Verfahren desselben. Dieser Vorwurf trifft aber vielmehr das von Dr. Heidmann befolgte,

1 G. XVI. 301.

2 a. a. O. 96 und elektrisches System der Körper S. 11. Anm.

wie schon oben gezeigt worden ist, und RITTER's Resultate werden auch durch die Erfahrungen anderer Physiker bestätigt, wie z. B. VOLTA's, welcher gleichfalls bemerkte, daſs die el. Wirksamkeit des Zinks durch etwas Zinn oder Zinn und Blei zugleich in groſsem Grade erhöht werde[1], eben so BRUGNATELLI's, der Zusammensetzungen aus Zink und Spieſsglanz, Zink und Quecksilber mit Silber stärker wirken sah, als irgend ein anderes Metall, so wie durch meine eigenen Versuche in Beziehung auf das Messing und die Versetzungen des Zinks mit Zinn.

21. Die aufgestellte Spannungsreihe der trockenen Erreger gilt indeſs nur innerhalb gewisser Temperaturgrenzen. In höheren Temperaturen ändert sich die galvanische Spannungsreihe gänzlich, und wird die umgekehrte, worauf die Erscheinungen des *Thermomagnetismus* beruhen, unter welchem Artikel von diesem Verhältnisse näher die Rede seyn wird. Zwei Stücke eines und desselben Metalls von einer Verschiedenheit der Temperatur, die 60 bis 100° R. beträgt, wirken schon merklich, wie zwei verschiedene Metalle, die in der Spannungsreihe einander nahe stehen, und zwar verhält sich von den dem negativen Ende näher liegenden Metallen wie Kupfer, Platin das heiſsere als das positive, das kältere als das negative, wie namentlich WALKER bei einer einfachen Kette aus Platin, Schwefelsäure, Platin, die durch einen Multiplicator geschlossen wurde, an der Art der Abweichung der Magnetnadel[2], SCHWEIGGER bei einer mehrfachen Kette oder einer Art von Kasten-Apparat aus, durch eine Weingeistlampe erhitztem, Kupfer, Kupfer von der gewöhnlichen Temperatur und Salzsäure fand, wobei nach der Seite des ersteren hin der Sauerstoffpol lag[3]. Mit diesen Erfahrungen scheinen die von MARIANINI[4] auf den ersten Blick nicht ganz in Uebereinstimmung zu stehen, da bei einer Kette aus Kupfer und Zink und einer aus Silber und Zinn, die Intensität des el. Stromes, durch die Gröſse der Ablenkung der Magnetnadel gemessen, bei der Erwärmung des Kupfers so wie des Silbers (des letzteren sogar bis zum Rothglühen) zunahm, ohngeachtet, wenn durch Erhitzung die ne-

1 G. X. 425. Anm.
2 Ebend. LXXX. 326.
3 Gehlen's Journal. IX. 705.
4 Schweigg. J. N. R. XIX. 45.

gativen Metalle einen mehr positiven Charakter annehmen, wegen des nun geringeren Spannungsunterschiedes zwischen Zink und dem heifsen Kupfer, Zinn und dem rothglühenden Silber die Wirkung hätte schwächer seyn sollen. Da indefs die Lebhaftigkeit der Thätigkeit in der geschlossenen Kette nicht blofs durch diesen Umstand, sondern auch durch das Leitungsvermögen, vorzüglich des flüssigen Leiters, bestimmt, dieses aber durch Erwärmung sehr erhöht wird, so könnte die davon abhängige Verstärkung der Schwächung durch den zweiten Umstand soweit entgegen wirken, dafs selbst noch ein Ueberschufs für die Verstärkung der Thätigkeit (der el. Strömung) übrig bliebe. Auch die Erhitzung des Zinks verstärkte in obiger Kette die Wirkung, ohngeachtet auch hier von der einen Seite eher eine Schwächung zu erwarten war, da nach der thermomagnetischen Reihe zu schliefsen, die positiven Metalle durch Erhitzung an Positivität abnehmen, folglich der Spannungsunterschied zwischen Kupfer und Zink vermindert werden müfste, ohne Zweifel aus demselben Grunde der Verstärkung des Leitungsvermögens.

22. Aufser der verschiedenen Temperatur haben noch andere Umstände einen merklichen Einflufs auf den Grad und die Art der el. Erregung, welche irgend ein Erreger der ersten Classe a mit den übrigen zeigt, so dafs dadurch seine Stelle in der Spannungsreihe und eben damit seine ganze Rolle in der galvanischen Action sich merklich ändern kann. Es finden sich hierüber viele zerstreute Erfahrungen, neuerlich hat aber besonders wieder Marianini[1] interessante Versuche darüber bekannt gemacht. Er führt als solche Umstände die Oxydation, die el. Strömung, welcher die Erreger eine Zeitlang in einer geschlossenen Kette unterworfen werden, und die Einwirkung des flüssigen Leiters an, und hat sich zur Auffindung dieser Veränderungen der Magnetnadel mit dem Multiplicator als des empfindlichsten Reagens (nach 17) für diese Art der el. Erregung bedient. Die Oxydation, auch nur eine höchst oberflächliche, erhöht im Allgemeinen den negativen Charakter und kann die Stelle eines trockenen Erregers um viele Glieder verrücken. Streng genommen, ist derselbe freilich dann ein ganz anderer Körper geworden und er müfste als solcher besonders in der

1 Schweigg. N. R. XIX. 34. ff.

Spannungsreihe aufgeführt werden, wie auch mit der Kohle und einigen Metallen von Marianini in der von ihm aufgestellten Spannungsreihe geschehen ist.

Durch Versuche am Condensator ist zwar dieser Einfluſs der Oxydation auf Veränderung des el. Verhaltens unmittelbar nicht untersucht worden, aber aus der Rolle, welche ein so veränderter Körper in der Kette spielt, läſst sich analogisch darauf schlieſsen, wobei jedoch nicht zu übersehen ist, daſs das veränderte elektromotorische Verhältniſs des Oxyds gegen die Flüssigkeit selbst an dem Erfolge einen wesentlichen Antheil mit haben kann (vgl. 18). So kann eine an sich ganz unwirksame zweigliedrige Kette aus zwei einander in jeder Hinsicht ganz gleichen Metallplatten und einer Flüssigkeit sogleich wirksam gemacht werden, wenn man die eine Metallplatte in Umstände versetzt, die eine leichte Oxydation derselben veranlassen, und zwar tritt sie in Beziehung auf die unveränderte Platte dann stets als negativer Erreger auf. Dieses gilt namentlich für zwei Eisen-, Zink-, Kupfer-, Blei-, Zinn- und Wismuth-Platten, wenn man sie beide in eine Flüssigkeit eintaucht, sie dann herauszieht, die eine sorgfältig abtrocknet, die andere aber sich mit Rost überziehen läſst, und dann beide mit einander und jener Flüssigkeit zur Kette schlieſst. Durch Oxydation kann man das Blei negativ gegen das Zinn machen, mit dem es in seinem unveränderten metallischen Zustande positiv wird; wird aber in der geschlossenen Kette das Oxyd durch die gesäuerte Flüssigkeit weggeschafft, so nimmt es seinen vorigen Charakter wieder an. Wismuth, Kobalt, Nickel und Antimon sollen nach Marianini mit metallisch glänzendem Kupfer —, mit oberflächlich oxydirtem + werden. Wird die Fläche des Antimons ein wenig oxydirt, so wird es mit dem oberflächlich oxydirten Kupfer —, und Wismuth muſs, je nachdem es oxydirt ist oder nicht, bald vor bald nach dem Kobalt eingereiht werden.

Ein zweiter Umstand, der auf die Veränderung des elektromotorischen Verhaltens Einfluſs äuſsert, ist die el. Strömung selbst, welcher ein Erreger in einer geschlossenen Kette ausgesetzt wird. Elektrische Ströme gehören zu den Ursachen der Oxydation und Desoxydation, nur indirect daher könnte jenen die Veränderung beigemessen werden, welche sie in der elektromotorischen Kraft der Metalle hervorbringen, wenn sich

diese Veränderung nicht auch kund thäte ohne Spur gleichzeitiger Oxydation, und bei flüssigen Leitern von der verschiedensten Art, vorausgesetzt, daſs sie gleiche Leitungsfähigkeit besitzen. Ein Platin - Graphit - Paar veränderte durch mehrmals wiederholtes Eintauchen in ein Gemisch von 100 Theilen Wasser und 1 Theil Schwefelsäure seinen Charakter so, daſs das ursprünglich positive Platin erst indifferent und zuletzt negativ gegen den Graphit wurde, der besonders geprüft keine Veränderung in seinem elektromotorischen Verhalten erlitten hatte. In kochendes Wasser getaucht nahm das Platin seinen vorigen positiven Charakter gegen den Graphit wieder an. Gold und Silber, beide positiv im Contact mit Graphit, bieten, obgleich auf eine weniger ausgezeichnete Weise, die nämlichen Erscheinungen dar. Ganz wie das Platin - Graphit - Paar verhält sich auch ein Platin - Gold - Paar, wo das Platin erst das positive Glied bildete. Ueberhaupt gilt nach Marianini's Versuchen allgemein der Satz, daſs in einer geschlossen Kette das ursprünglich positive Glied an Positivität, das ursprünglich negative an Negativität abnimmt, und die el. Pole sich gleichsam umkehren. Bringt man daher ein Metall, das in einer ersten Kette durch eine solche Ladung seinen Charakter z. B. aus dem positiven in den negativen, wie z. B. Platin, Gold, Silber, mit Graphit verändert hatte, in eine entgegengesetzte Kette mit Zink, Blei, Zinn oder Kupfer, so nimmt es durch eine entgegengesetzte Polarisirung seinen vorigen positiven Charakter wieder an. Man kann solche Ströme von zwei Metallplatten die wegen ihrer vollkommenen Homogeneität in Beziehung auf einander ganz indifferent sind, die eine relativ gegen die andere nach Belieben positiv oder negativ machen. Hat man z. B. von zwei solchen vollkommen homogenen Silberplatten die eine in Verbindung mit einer Zinkplatte nur eine Minute lang im Wasser eingetaucht, welches $\frac{1}{15}$ Kochsalz enthält, dann wieder abgetrocknet, so zeigt sie sich + gegen die andere, dagegen verliert sie diesen positiven Charakter wieder und nimmt in Beziehung auf dasselbe Silber einen negativen an, wenn man sie eine Zeitlang mit Graphit zur Kette geschlossen hat. Durch ähnliche Versuche mit Metalllegirungen gegen die reinen Metalle fand Marianini, daſs die elektromotorische Kraft eines Metalls durch den Einfluſs eines el. Stromes viel gröſsere Veränderungen erleiden kann, als durch einen gewissen Grad von

Legirung mit einem andern Metalle. Daſs, wenn gleich unmerkliche, chemische Veränderungen, nämlich oberflächliche Hydrogenisationen und Oxydationen und nicht sowohl el. Ladungen der Metalle die Ursache dieser Veränderungen des galvanischen Erregungswerthes derselben seyn dürften, möchte man vielleicht aus einigen Erfahrungen MARIANINI's schlieſsen. So verschieden auch die Veränderungen der elektromotorischen Kraft des Goldes und Platin's sind, wenn man diese Metalle der Luft aussetzt (durch allmäliges Oxydiren der Hydrogenschicht), so beharren sie zugleich auch ganze Monate lang in gleicher Kraft, wenn Circulation der Luft um dieselben vermieden wird, wenn sie z. B. in Papier eingewickelt werden. So erhält Gold, das in einer Kette mit Zink an Positivität zugenommen hatte, seinen vorigen negativen Charakter wieder durch bloſses Eintauchen in eine schwache Säure. Auch beschränken sich die Modificationen des elektromotorischen Verhaltens nur auf den Theil der Platten, welcher mit dem flüssigen Leiter im Contact war. Wenn man eine Goldplatte nimmt, und diese nur zum dritten Theile ihrer ganzen Höhe, welcher mit Zink zu einer Kette verbunden ist, näſst, mit dem entgegengesetzten Drittel aber eben so verfährt, indem man es der Einwirkung von Graphit unterwirft, so wird in Hinsicht auf elektromotorische Thätigkeit das erste Segment unter (näher nach dem Zinke zu), das andere über dem Platin (nach dem — Ende der Reihe zu) stehend gefunden werden. Silber zeigt dieselben Erscheinungen. Je lebhafter die Thätigkeit der geschlossenen Kette ist, um so schneller erfolgen auch diese Umänderungen. Bei den leichten oxydablen Metallen ist dieser Einfluſs des el. Stromes an und für sich auf die Veränderung des elektromotorischen Verhaltens weniger bestimmt auszumitteln, weil sich der Einfluſs einer merklichen Oxydation stets damit combinirt. Indeſs zeigen sich gerade hier einige Erscheinungen, die die oben gegebene Erklärung durch eigentlich chemische Veränderungen etwas zweifelhaft machen. Kupfer nämlich, das nach MARIANINI nur wenig mehr — gegen das Zink ist, als Messing steigt um vieles in seiner Negativität durch die Wirkung des Graphits, durch den Einfluſs des Zinks hingegen wird es positiv gegen das Messing. Ganz von selbst aber nimmt es innerhalb 2—3 Min. seine natürliche Kraft wieder an. Dieselben Veränderungen treten beim Messing ein durch die Wirkung des Zinks und Graphits

Im letzteren Falle zerstreut sich die erlangte höhere Negativität innerhalb weniger Minuten von selbst. Da bei Anwendung der chemischen Erklärung hier eine stattgehabte oberflächliche Oxydation des Messings angenommen werden mufste, so sieht man nicht recht ein, durch welchen chemischen Procefs an der Luft sich das Oxygen wieder zerstreuen, die Oxydschicht sich wieder reduciren sollte. Man wird eben darum geneigt, hier vielmehr *el. Ladungen* anzunehmen, auf welche wir bei Gelegenheit anderer Phänomene wieder zurückkommen werden.

Eisen, Zinn und Quecksilber nehmen in Verbindung mit negativen Metallen nicht an Positivität ab, aber wohl mit Zink zur Kette geschlossen daran zu. Das Eisen erhält dann einen niedrigeren Werth als das Blei und das Zinn, es nimmt von selbst seinen natürlichen Zustand wieder an. Quecksilber nimmt an Positivität nur durch mehrmaliges Zusammenbringen *mit positiven* Metallen zu,. ist aber diese Veränderung einmal *durch Einwirkung* von Graphit wieder aufgehoben worden, so läfst sie sich nachher viel leichter von Neuem wieder hervorbringen. Die Kraft des Zinks endlich läfst sich weder erhöhen noch vermindern durch die Einwirkung eines el. Stromes.

Noch scheint eine Einwirkung des flüssigen Leiters auf das elektromotorische Verhalten statt zu finden, die nicht ganz unter die Kategorie des Oxydationsverhältnisses zu bringen ist. Man tauche zwei vollkommen metallisch glänzende Zinkplatten nach einander in einer Zwischenzeit von einer Minute in eine Flüssigkeit, es sey nun eine Auflösung von Kochsalz, oder ein gesäuertes Wasser, so wird die, welche zuletzt eingetaucht wurde, — werden gegen die andere. Läfst man nun diese im flüssigen Leiter, während man die erste herausnimmt, abtrocknet und wieder eintaucht, so wird man bei abermaliger Schliefsung beider zur Kette finden, dafs die Wirkung sich umgekehrt habe. Bei abwechselndem Herausnehmen und Abtrocknen beider Platten wird die zuletzt abgetrocknete immer die negative seyn. Hierher gehört auch die von andern schon gemachte Erfahrung, dafs von zwei Stücken des nämlichen Metalls, eingetaucht in eine Säure, welche fähig ist, sie anzugreifen, das zuerst eingetauchte +E annimmt im Verhältnifs zu dem andern, wenn man sie zur Kette schliefst. Zink zeigt diese Erscheinung am auffallendsten, Blei, Eisen, Zinn im schwä-

cheren Grade, Messing, Kupfer, Silber, Gold, Platin und Graphit zeigen nichts dergleichen.

Diese Erfahrungen beweisen zur Genüge, wie schwierig es ist, die Stelle irgend eines trockenen Erregers in der Spannungsreihe auf irgend eine absolute Weise zu bestimmen, und erklären auch die scheinbaren Widersprüche in den verschiedenen Angaben der Physiker in Hinsicht dieser Stelle; auch werden dadurch manche anomale Erscheinungen begreiflich, wovon noch weiter unten die Rede seyn wird (vgl. 38).

23. Eine merkwürdige Folge der Ordnung, in welcher (nach 19) alle trockenen Erreger eine groſse Spannungsreihe bilden, und des Gesetzes dieser Ordnung in Betreff der relativen Gröſse der Spannungsunterschiede ist nun, daſs, in welcher Menge und in welcher Ordnung man auch diese Erreger in der ungeschlossenen Kette an einander reiht, oder über einander schichtet, die dadurch an den beiden Endgliedern der Reihe hervorgebrachte Polarität, oder wenn das eine Endglied durch Verbindung mit dem Erdboden auf 0 gebracht ist, die respective + oder — Spannung am andern Endgliede stets der *Art* und *dem Grade nach dieselben sind*, als wenn die beiden Endglieder sich unmittelbar berührten, und keine Zwischenglieder, die ihre Wirkung auf einander vermitteln, sich zwischen ihnen befänden. Denkt man sich nämlich sämmtliche Erreger erst in ihrer der Spannungsreihe angemessenen Ordnung an einander gereiht, so folgt dieses ohne weiteres aus dem Gesetze, daſs die Summe der Spannungsunterschiede der Zwischenglieder zwischen je zwei Endgliedern eines Stückes der Reihe oder der ganzen Reihe gleich ist dem Spannungsunterschiede, welchen die beiden Endglieder unmittelbar mit einander geben; denkt man sich nun in einer solchen Reihe a, b, c, d, e... zwei Erreger c, d gerade in der entgegengesetzten Lage, so kommt zwar durch die unmittelbare Wechselwirkung von d mit b, und von c mit e die Wirkung von cd doppelt in dem Sinne der Erregung, die sich in den Endgliedern zuletzt offenbart hinzu, indem nämlich bd nun gleich bc + cd und ce gleich cd + de ist, es muſs aber die Wirkung cd wegen der entgegengesetzten Lage von c und d und der davon abhängigen entgegengesetzten Richtung einmal abgezogen werden, so daſs demnach dasselbe Quantum von Wirkung in beiden Fällen, nämlich bc + 2cd + de — cd = bc + cd + de übrig bleibt. Dieselbe Schluſsfolge gilt gleichmäſsig, wenn

man b mehrere Glieder überspringen liefse und z. B. mit f oder irgend einem andern dem einen Ende näheren Gliede in Berührung brächte; immer wird nach der einen Seite soviel verloren, als nach der andern gewonnen wird, stets ergiebt sich das gleiche Resultat der Identität der durch Zwischenglieder der ersten Classe in beliebiger Zahl und Ordnung vermittelten Erregung zweier solcher Körper, mit ihrer durch unmittelbare Berührung erhaltenen, womit auch die mit dem Condensator angestellten Versuche, die in dieser Hinsicht die untrüglichsten sind, vollkommen übereinstimmen.

24. *Feuchte Erreger oder Erreger der zweiten Classe.* Zur zweiten Classe der Erreger des Galvanismus gehören alle oxydirten Körper, sofern sie zugleich wasserhaltig oder feucht sind, welcher Verbindung mit dem Wasser sie auch ihr Leitungsvermögen für E. verdanken, so dafs man schon zum Voraus ihre Wirksamkeit in dem galvanischen Processe als von diesem *wesentlichen* Mischungstheile derselben abhängig ansehen kann. Indefs wird diese Wirksamkeit durch die sonstige Natur der mit dem Wasser verbundenen Substanz sowohl der Art als dem Grade nach wesentlich modificirt, in welcher Hinsicht vorzüglich die dreifache Verschiedenheit, ob diese Substanz mehr acid, oder alkalisch oder neutral ist, in Betracht kommt. Zu dieser Classe gehören auch alle feste und festweiche Theile der organischen animalischen und vegetabilischen Körper, so wie die Säfte derselben, die sämmtlich gleichfalls ihr Erregungs- und Leitungsvermögen ihrem Wassergehalte zu verdanken scheinen, wobei jedoch auch hier die anderweitige Beschaffenheit des Trägers jenes Wassers einen wesentlichen Einflufs äufsert.

25. Die Körper dieser zweiten Classe gehen mit allen Körpern der ersten Classe oder den trockenen Erregern einen ganz ähnlichen el. Erregungsprocefs, wie diese unter sich, ein, d. h. durch ihre blofse wechselseitige Berührung mit denselben wird das el. Gleichgewicht gestört, es tritt el. Polarität auf, und zwar, wenn beide isolirt sind, + für den einen, — für den andern, und wie es scheint gleichfalls bis zu einem bestimmten unwandelbaren Spannungsunterschiede. Indefs herrschen über dieses für die Theorie des Galvanismus so wichtige Verhältnifs grofse Widersprüche unter den Resultaten der Versuche verschiedener Physiker, wovon der Grund vorzüglich mit in den davon unzertrennlichen, aus der Beschreibung der Versu-

che selbst zu ersehenden Schwierigkeiten liegt, von denen eine darin besteht, daſs diese Körper schon in der wechselseitigen Berührung mit einander durch einen zwischen ihnen eintretenden chemischen Proceſs ihre Natur verändern (die Metalle z. B. sich oxydiren), womit auch das Resultat des Versuchs sich abändern muſs. Es wird also gerade in Beziehung auf diese Erreger wichtig seyn, von den Arbeiten der vorzüglichsten Galvanisten Rechenschaft zu geben, mit einer kritischen Prüfung, wozu ich mich durch eigene Untersuchungen noch mehr in Stand zu setzen suchte; um doch einige sichere Resultate als eine Grundlage füe die Theorie selbst, zu gewinnen.

Volta, dem wir auch über dieses Verhältniſs die ersten Entdeckungen verdanken, hat seine Versuche hierüber in seinen Briefen an Aldini bekannt gemacht[1]. Zur Ausmittelung dieser el. Erregung tränkte er Scheiben von Holz, Leder oder Pappe mit der zu untersuchenden Flüssigkeit, und trug vorzüglich dafür Sorge, daſs keine eigentliche Nässe an ihnen hängen blieb, weswegen er sie nach gehöriger Befeuchtung mit grauem Löschpapier so weit trocknete, bis sie auf diesem keine sichtbare Zeichen der Feuchtigkeit mehr zurückließsen, oder ließs sie auch in einer Atmosphäre von mittlerer Trockenheit von 80 — 85 Graden nach Saussüre's Hygrometer von selbst trocken werden. Sind die Scheiben zu naſs, so bleibt bei der Trennung vom Metalle an demselben eine Schicht von Flüssigkeit hängen, in welchem Falle man also, wie Volta meint, nicht die im Metalle erregte E. ausmitteln könne, so wenig man die E., welche das Silber mit dem Zinn erhält, erfahren werde, wenn an diesem ein noch so dünnes Blättchen vom ersteren hängen bliebe. Werden die Scheiben zu trocken, so wirken sie schon mehr als Nichtleiter, die Resultate werden dann zweideutig, und häufig findet man dann in einigen Metallen, insbesondere im Zinke, die umgekehrte, nämlich + statt — E. Das weitere Verfahren ist das in 6 beschriebene. Die Scheiben selbst, nachdem sie von einander getrennt sind, werden an die Collectorplatte des Condensators angebracht, und dieses Verfahren so oft wiederholt, bis der Condensator hinlänglich stark geladen ist, um bei Aufhebung des Deckels die Strohhälmchen oder Goldblätt-

1 Ritter Beiträge 2ten Bd. 3, 4tes St. 51.

chen zum Divergiren zu bringen. Durch diese Versuche will nun VOLTA gefunden haben:

1. Daſs alle feuchte Leiter ohne Ausnahme mit allen Metallen + diese mit ihnen — werden, oder nach der von VOLTA angenommenen Franklin'schen Theorie, alle Metalle an die feuchten Leiter E. abgeben und diese von ihnen empfangen.

2. Daſs dieser el. Erregungsproceſs zwischen dem reinen Wasser und den Metallen im Ganzen wirksamer ist, als zwischen den salzigen Flüssigkeiten und den Metallen oder daſs das reine Wasser stärker + wird.

3. Daſs jedoch die alkalischen Laugen und selbst die Kalkmilch und das Kalkwasser beide bedeutend übertreffen, indem sie mit dem *Zinn* viel stärker + werden.

4. Daſs das *Zink*, das noch mit allen Metallen + el. wird, die merkwürdige Eigenschaft besitzt, mit allen Leitern der zweiten Classe stärker — zu werden, oder ihnen mehr E. abzugeben, als alle übrigen Metalle.

5. Daſs endlich mit Ausnahme von 3 der el. Erregungsproceſs zwischen den Metallen und den Flüssigkeiten im Ganzen nur schwach ist, und nur von einer Stärke wie derjenige, welcher zwischen zwei Metallen, die in der Spannungsreihe ganz nahe an einander stehen, wie z. B. Zinn und Blei statt findet.

Auch PARROT[1] will, wie VOLTA gefunden haben, daſs sowohl Wasser als mit Wasser verdünnte Säuren, namentlich verdünnte Salpetersäure, sowohl mit dem Zink als mit dem Kupfer +, diese Metalle — el. werden, und zwar die Säure in einem bedeutend höheren Grade als das bloſse Wasser in dem Verhältnisse von $12\frac{3}{4}$ zu $1\frac{4}{7}$. Wenn man indeſs PARROT's Versuche genauer ansieht, so überzeugt man sich bald, daſs dieselben keine reinen Resultate über die Erregung von E. in der wechselseitigen Berührung der Metalle und feuchten Leiter geben konnten, indem sich vielmehr die durch die Wirkung der Metalle auf einander in der bloſsen Berührung erregte E. mit einmischte. Da nämlich die Platten seines Cuthbertson'schen Condensators von Messing waren, so muſste in dem Versuche, wo die mit Salpetersäure getränkte Pappscheibe mit dem feuchten Erdboden in Verbindung stand, auf welcher die Zinkplatte ruhte, ohngeachtet der Leiter, vermöge dessen der Condensa-

1 Dessen Grundriſs der theoretischen Physik II. 563.

tor mit der Zinkblatte in Berührung gebracht wurde, sich i Zink endigte, doch in der Messingplatte die E. erregt und con densirt werden, welche Zink im Messing hervorruft, also stark negative. Eben so erklärt sich die schwächere Spannung be der Anwendung des Kupfers, da dieses das Messing in einen viel geringeren Grade — macht, als das Zink. Bei der Umkehrung der Versuche wirkten noch mehrere Erregungen zu den Resultate zusammen, indem nämlich vom Condensator ausgegangen die einzelnen Glieder sich so folgten: Messing, Gold feuchte Pappe, Zink (oder Kupfer) Erdboden, deren el. Erregungen nach ihrer wechselseitigen Ausgleichung um so mehr in Messing + ausfallen mufsten, da das in Berührung mit der feuchten Pappe + gewordene Gold das Messing um so positiver machen mufste.

Abweichend von den angeführten Resultaten sind die durch Humphry Davy erhaltenen, die er in seiner classischen Abhandlung über einige chemische Wirkungen der E.[1] mitgetheilt hat. Bei Anwendung der Leiter der zweiten Classe in ihrem mehr flüssigen Zustande erhielt er weder mit dem Cuthbertson'schen Condensator noch mit dem Nicholson'schen Duplicator befriedigende Resultate. Er beschränkte sich daher sie im trockenen Zustande anzuwenden. Die Säuren, namentlich Bernstein-Benzoe- oder Boraxsäure vollkommen trocken, entweder in Pulvergestalt oder krystallinisch, mit einer durch einen gläsernen Handgriff isolirten Kupferplatte in eine hinlänglich ausgedehnte Berührung gebracht, machten dieselbe + el. und bei günstiger Witterung reichte oft eine einzige Berührung des Metalls hin, um eine merkliche Ladung hervorzubringen, und selten bedurfte es deren mehr als 5 oder 6. Die positive Ladung des Metalls schien von gleicher Intensität zu seyn, es mochte auf Glas isolirt seyn oder mit dem Erdboden in Verbindung stehen. Andere Metalle, wie Zink, Zinn, zeigten denselben Erfolg. Phosphorsäure, im festen Zustande einige Zeit geglüht und sorgfältig gegen den Zutritt der Luft verwahrt, machte nach 4 Berührungen die isolirte Zinkplatte +, einige Minuten der Luft ausgesetzt verlor sie ihre Wirksamkeit.

Ein gerade entgegengesetztes Verhalten zeigten die Alkalien und alkalischen Erden. Namentlich wurden jene Metall-

1 Gehlen's Journal für Chemie, Physik u. s. w. V. 35.

platten mit trockenem Kalke, Strontian oder Talkerde in Berührung gebracht —, eine einzige Berührung in einer grofsen Fläche reichte schon zur Mittheilung einer beträchtlichen Ladung hin. Damit die Versuche gelangen, war es wesentlich, dafs die Körper gleiche Temperatur mit der Atmosphäre hatten. In einigen Versuchen, die Davy während ihres Erkaltens nach dem Glühen anstellte, zeigten sie sich sehr el., und machten die Metalle positiv, eine der ersten Erfahrungen über die Umkehrung der Spannungsreihe in höherer Temperatur, wovon der Thermomagnetismus abhängt. Mit dem Kali konnte Davy keine befriedigende Resultate erhalten, und er schreibt dieses seiner schnellen Anziehung von Feuchtigkeit zu. Frisch mit aller Sorgfalt bereitetes und gegen den Zutritt der Luft beim Erkalten verwahrtes Natron verhielt sich mit den Metallen wie jene alkalischen Erden. Im ersten Versuche gaben 6 Berührungen dem Condensator eine hinlängliche Ladung, im zweiten Versuche waren 10 Berührungen nöthig, um dieselbe Wirkung hervorzubringen, worauf schon nach zwei Minuten die Ladung verschwand. Durch Versuche mit Säulen, welche aus einer Metallplatte und verschiedenen Schichten von Flüssigkeiten zusammengesetzt waren, fand Davy auf indirecte Weise, dafs die Auflösung der Schwefelleber im Wasser viel wirksamer, als die alkalischen Auflösungen, besonders mit dem Silber, Kupfer und Blei war, dasselbe negativ zu machen. Ein besonders wichtiger Versuch in dieser Hinsicht war der mit einer Säule aus Kupfer, Eisen, und einer mit einer Auflösung von Schwefelleber getränkten Pappscheibe, wo die + Erregung der Schwefelleber mit dem Kupfer stark genug war, um die des Eisens zu übertreffen, dergestalt, dafs der + Pol nun nicht nach der Seite des Eisens, sondern nach derjenigen des Kupfers hinfiel.

Auch zeigte sich das liquide Chlor wirksamer, die Metalle + zu erregen, als die concentrirteste Auflösung von gewöhnlicher Salzsäure. Die neutralen Körper fand Davy ohne alle Wirkung auf alle Metalle[1]. Salpetersaures und schwefelsaures Kali, salzsaurer Kalk, chlorsaures Kali ohngeachtet sie zu wiederholten Malen mit einer sehr breiten Oberfläche von Zink und Kupferscheiben in Berührung gebracht wurden, theilten ihnen doch keine el. Ladung mit, dagegen ertheilten ihnen das nicht

1 a. a. O. S. 46.

vollkommen kohlengesäuerte Kali und der Borax eine schwache negative Ladung, der Alaun und der säuerliche phosphorsaure Kalk eine schwache positive Ladung.

Ritter hat diesen Gegenstand nicht sowohl durch neue Versuche aufgeklärt, als vielmehr durch kühne Hypothesen verwirrt. Ihm zufolge[1] sollte zwischen allen Körpern eine doppelt el. Erregungsfähigkeit statt finden, und eben damit eine doppelte Spannungsreihe. Nach dem Gesetze der ersten Spannungsreihe oder einer bedingten beschränkten el. Erregungsfähigkeit sollten sämmtliche flüssige Leiter an dem einen, und zwar dem — Ende einer für sie mit dem trockenen Erreger gemeinschaftlichen Spannungsreihe stehen, nämlich die Säuren am äufsersten Ende und die Laugensalze unmittelbar über den trockenen Erregern, so dafs alle Flüfsigkeiten mit letzteren — diese mit ihnen + würden; nach dem Gesetze der zweiten Spannungsreihe oder der sogenannten unbedingten oder unbeschränkten el. Erregung, die mit dem innigen Conflicte im chemischen Processe eintrete, sollte diese Ordnung sich gerade umkehren, und die Flüssigkeiten an das entgegengesetzte Ende verrückt werden, sich unter diesen Umständen vielmehr + mit den Metallen verhalten. Ritter beruft sich zur Begründung dieses Resultates auf Versuche Volta's, welchen zufolge[2] die Metalle unter Umständen, die dem chemischen Processe ungünstig sind, mit den befeuchteten Platten gerade die entgegengesetzte E. zeigen sollen von derjenigen, wenn die Umstände dem chemischen Processe günstig sind. Die blofse ruhige Berührung der Metalle mit den befeuchteten Platten soll nämlich die Tendenz haben, die Metalle — zu machen, dagegen der Druck nicht mehr in demselben Grade, sondern eher schon +, der Stofs noch sicherer + und endlich das Hin- und Herreiben am sichersten +. Wenn wir nun auch zugeben wollten, dafs diese beiden letzteren Umstände dem chemischen Processe nicht günstig sind, da in beiden Fällen dieselben Puncte zu schnell aufser Berührung mit einander kommen, und zu jedem chemischen Processe eine gewisse Dauer der Berührung erforderlich ist, so scheint doch der Druck, der in vielen Fällen den chemischen Procefs erst einlei-

1 S. Dessen el. System der Körper von S. 42 an und meine Recension desselben in G. XXVIII. 223.

2 Anali di Chimica. XIV. 35—39. El. System. S. 82—83.

tet, nicht wohl als ein Hindernfs desselben angenommen werden zu dürfen. Noch glaubte Ritter aus einigen wenigen Versuchen mit Säulen von ähnlicher Art, wie die von Davy aus einer Metallplatte und zwei Flüssigkeiten, verglichen aus Versuchen mit der einfachen Kette, den Schlufs ziehen zu dürfen, dafs das el. Verhalten der sauren und alkalischen Flüssigkeiten mit den Metallen sich durch Verdünnung mit Wasser gerade in das entgegengesetzte von demjenigen umkehre, welches sie im concentrirten Zustande zeigen. Nach zwei von ihm aufgestellten Schematen[1] würden die alkalischen Laugen im concentrirten Zustande mit den Metallen + el. durch eine geringe Verdünnung in ihrer positiven Erregung gesteigert werden, dann aber durch eine weiter und weiter fortschreitende Verdünnung darin abnehmen, und diese durch 0 hindurch sich in die entgegengesetzte verwandeln, gleichfalls erst zunehmen, dann wieder abnehmen und endlich bei 0 anlangen. Umgekehrt würden sich die Säuren verhalten. Wie wenig diese Behauptungen mit genauen Versuchen übereinstimmen, wird sich weiter unten ergeben.

Auch Dr. Heidmann in Wien[2] hat das Verhalten der feuchten Erreger gegen die trockenen zu bestimmen gesucht, einmal indem er Säulen aus einem trockenen Erreger und zwei flüssigen aufbaute, und durch eine Gasentbindungsröhre, die er mit den Enden einer solchen Säule verband, den Hydrogen- und Oxigenpol bestimmte, und zweitens, indem er die Flüssigkeiten in kleinen Uhrgläsern mit den Nerven der hinteren Extremitäten eines Froschpräparats in Berührung brachte, und die beiden Flüssigkeiten bald durch einen Platindraht, bald durch gut ausgebrannte Kohlenstücke und bald durch einen Bleidraht verband, wo dann die ausschliefsend oder doch am stärksten eintretende *Schliefsungszuckung* in dem einen und die *Trennungszuckung* in dem andern Schenkel den + Charakter der mit dem Nerven des erstern, und den — Charakter der mit dem Nerven des andern Schenkels verbundenen Flüssigkeit anzeigten, indem jene sich dann wie das mit demselben Nerven in Verbindung stehende + Zink, diese wie das mit den andern verbundene — Kupfer verhielt. Als Resultat aus diesen Versuchen stellte Heidmann den Satz auf, dafs jederzeit von zwei heterogenen

Fig. 80.

1 a. a. O. S. 28.
2 G. XXI. 85.

Flüssigkeiten, deren eine ein bestimmtes Metall mehr oder weniger zu oxydiren vermag, die zweite aber diese Wirkung gar nicht oder viel schwächer ausübt, die erste den Oxygen-, die zweite den Hydrogen-Pol bestimme. Er hat hiernach die Flüssigkeiten in eine Reihe geordnet, von deren einem Ende ausgegangen die jenem Ende näher stehende mit der darauf folgenden in Combination mit einem trockenen Leiter den Oxygen-Pol oder die Schliefsungs-Zuckung giebt, welche dann zugleich die mehr oxydirende seyn soll, und glaubt sogar, durch diese Versuche lasse sich die comparative Oxydations-Wirksamkeit der verschiedenen Flüssigkeiten auf die Metalle genauer bestimmen, als durch chemische Versuche an und für sich. Das + oder Oxygenende dieser Reihe bildet das Chlor, dann folgen die verschiedenen andern Säuren, die verschiedenen Schwefellebern, die verschiedenen Salze, ohne eine bestimmte Regel, weder was ihre Säure noch was ihre Basis betrifft, nur dafs die Metallsalze näher dem Hydrogen-Ende stehen, als die Alkali- und Erdsalze, hierauf die Laugensalze, Blutwasser, Blut, frische noch feuchte Muskeln, frische Nerven, Wasser, Speichel, Pflanzensäfte, Milch, Wein. Dafs diese Reihe schon nicht auf gleiche Weise für alle trockenen Erreger gelte, ergiebt sich aus einem, von dem Verfasser selbst angeführten Versuche, nach welchem in der Kette: liquides Schwefelkali, Silber, salzsaures Natron, der Oxygenpol auf die Seite des Schwefelkalis, bei der Vertauschung des Silbers mit Blei aber auf die Seite des Kochsalzes fiel, und diese Flüssigkeiten demnach in Beziehung auf diese beiden Metalle eine entgegengesetzte Ordnung beobachten. Aufserdem geben aber alle solche Versuche nie ein directes reines Resultat über das el. Verhalten der Flüssigkeiten mit dem trockenen Erreger, da in den Säulen die Lage der Pole zugleich mit durch die el. Erregung der Flüssigkeiten unter einander, und in den Versuchen mit den Froschpräparaten durch die el. Erregung jeder derselben mit den Nerven bestimmt wird.

Poggendorff suchte das Verhalten der feuchten Erreger mit den trockenen nach der in No. 17 angegebenen Methode durch die Einwirkung einer, aus zwei feuchten Erregern und einem trockenen bestehenden, einfachen geschlossenen Kette auf die Magnetnadel vermittelst des Multiplcators zu bestimmen [1].

1 Isis 1821. 1r Bd. S. 703.

Er verglich in dieser Hinsicht das Verhalten einer Kette, die an beiden Enden mit demseben Metalle geschlossen wird, mit dem Verhalteen der gewöhnlichen einfachen Zinkkupferkette, in deren Mitte sich der feuchte Leiter befindet. In diesem Falle Fig. 81. geht der + (oder nach Franklin's Theorie der einseitige) el. Strom von dem obern Kupfer (c) durch den Multiplicator nach dem untern Zinke (z) in der Richtung, wie ihn die Pfeile anzeigen, und ersteres ist das negative, letzteres das positive Metall. Fand nun bei irgend einer Kette, die an beiden Enden mit demselben Metalle M, M′ geschlossen ward, zwischen wel- Fig. 82. chen beiden Metallplatten sich zwei oder mehrere flüssige Leiter f und f′ befanden, dieselbe Abweichung der Magnetnadel z. B. die westliche statt, wenn diese durch die Kette den in der Figur angenommenen Windungen des Multiplicators gemäfs her- Fig. 81. vorgebracht wird, so ging auch in diesem Falle der + Strom in derselben Richtung durch den Multiplicator von dem oberen Metalle M′ nach dem untern, und das untere Metall hatte dann denselben Werth, wie in der ersten Kette das Zink, oder ver- Fig. 82. hielt sich als positives; bei entgegengesetzter Abweichung mufste der Strom die entgegengesetzte Richtung haben, und das untere Metall war dann vielmehr das Aequivalent des negativen oder des Kupfers.

So war nun in den folgenden Ketten das erste Glied als das unterste genommen, also an der Stelle befindlich, wo in der Kette das Zink sich befindet, und nach unserer Zeichnung die Abweichung westlich ist[1].

Zink, Wasser, Schwefelsäure, Zink
Zink, Wasser, Aetzammoniak, Zink
Zink, Wasser, Aetzkali, Zink
Zink, Schwefelsäure, Wasser, Ammoniak, Zink
Zink, Wasser, Salmiak, Zink
Zink, Wasser, schwefelsaures Natron, Zink.

Die Abweichung stets *östlich* eben so, wenn statt des Zinks Blei und Kupfer genommen wurden, folglich das untere Metall negativ war, und der positiv el. (oder der einseitige) Strom vom untern nach dem obern Metall durch den Multiplicator ging.

1 Poggendorff giebt sie für diesen Fall als östlich an, was seinen Grund in der Richtung, in welcher die Windungen des Multiplicators gingen, hatte, weswegen bei ihm da von östlicher Abweichung die Rede ist, wo ich westlich setzte.

Eben so war in Ketten von:

Silber, Wasser, Ammoniak, Silber
Silber, Wasser, Salzsäure, Silber
Silber, Salzsäure, Ammoniak, Wasser, Silber

die Abweichung gleichfalls *östlich*; eben so in den Ketten.

Gold, Wasser, Ammoniak, Gold
Gold, Wasser, Salzsäure, Gold
Kohle, Schwefelsäure, Wasser, Kohle
Kohle, Schwefelsäure, Wasser, Ammoniak, Kohle
Graphit, Wasser, Ammoniak, Graphit
Graphit, Schwefelsäure, Wasser, Graphit
Zink, Schwefelkali, Wasser, Zink
Zink, Schwefelkali, Wasser, Schwefelsäure, Zink.

Dagegen *westlich* in den Ketten:

Gold, Ammoniak, Wasser, Salzsäure, Gold
Kohle, Ammoniak, Wasser, Kohle
Graphit, Ammoniak, Wasser, Schwefelsäure, Graphit
Kupfer, Schwefelsäure, Wasser, Kupfer
Kupfer, Schwefelkali, Wasser, Schwefelsäure, Kupfer.

Blei, Zinn, Silber und Eisen auf gleiche Art mit Schwefelkali und Wasser, oder Schwefelkali, Wasser und Schwefelsäure geschichtet, gaben dieselben Abweichungen wie das Kupfer.

Poggendorff bemerkte, dafs wenn man eine Kette von Metall + $\left\{\begin{matrix}\text{Base}\\ \text{Säure}\end{matrix}\right\}$ oder + Wasser oder + Metall schliefse, man gewöhnlich im ersten Augenblicke eine starke Abweichung nach Westen (oder bei der Richtung der Umschlingungen unsers Multiplicators nach Osten) habe, wonach also eine solche Kette das Aequivalent einer aus Kupfer, Feuchtigkeit, Zink seyn oder das zuerst genannte Metall sich negativ verhalten würde, dafs aber diese Abweichung bald darauf zu sinken anfange, die Nadel in einigen Minuten in den magnetischen Meridian zurückkehre, und die zuerst westliche (östliche) in die entgegengesetzte östliche (westliche) sich verwandle, welche Umkehrung der Polarität Poggendorff aus Ritter's oben erwähnten Erfahrungen über die Verwechselung der el. Polaritäten, der concentrirten Säuren und alkalischen Laugen mit den Metallen durch successive Verdünnung mit Wasser erklären zu können glaubt, indem in den obigen Versuchen die Säure in Berührung mit der mit Wasser befeuchteten Pappe sich allmälig

mit dem Wasser verbinde, und eben darum durch die verschiedensten Grade der Diluition hindurchgehe. Dafs diese Verdünnung, wenn sie auch wirklich die behaupteten Folgen hätte, hier nicht als die Ursache jenes Phänomens angenommen werden könne, sondern dafs der Grund in der an der Oberfläche der einen Metallplatte eintretenden Oxydation und damit gegebenen Umkehrung ihrer el. Polarität mit der Flüssigkeit liege, erhellet zur Genüge daraus, dafs wenn die ursprüngliche Ablenkung der Magnetnadel sich bereits in die entgegengesetzte verwandelt hat, man die erste ursprüngliche beinahe wieder in ihrer ganzen Stärke herstellen kann, wenn man blofs die Metallplatten verwechselt, oder neue für sie substituirt, dabei aber die feuchten Pappen unverändert läfst. Uebrigens lassen sich aus dergleichen Versuchen mit geschlossenen Ketten keine sichere Schlüsse über die el. Erregung der flüssigen Leiter mit den Metallen machen, weil die Richtung des el. Stromes (an dessen Stelle sich die Dynamisten eine Art der Vertheilung der polaren Thätigkeiten denken können) und die darnach zu bestimmende positive oder negative Beschaffenheit der an beiden Enden befindlichen Metalle nicht die einseitige Wirkung der Erregung des Metalls durch die Flüssigkeiten ist, sondern das Resultat der Ausgleichungen mehrerer Spannungen. Betrachten wir nämlich die zwei einfachen Ketten dieser Art aus Zink, Wasser, Schwefelsäure und Zink und die, worin Zink, Wasser, Ammoniak und Zink auf einander folgen, wo in beiden Fällen das untere Zink einen negativen Charakter zeigt, d. h. der positive Strom von diesem aus nach dem obern Zinke und von diesem durch die feuchten Leiter nach dem untern Zinke zurückgeht, so läfst sich dieser Effect unter mehreren sehr verschiedenen Voraussetzungen erklären; einmal nämlich daraus, dafs in allen dreien Berührungsflächen die el. Erregung in demselben Sinne statt findet, d. h. dafs das Wasser sich mit dem Zinke, eben so das Aetzammoniak, so wie die Schwefelsäure mit dem Wasser, endlich das Zink mit der Schwefelsäure und dem Ammoniak sich negativ verhalten, oder dafs in zwei Berührungsflächen die Erregung in dieser Richtung geschieht, und die Summe dieser Erregungen gröfser ist, als die ihr entgegengesetzte; endlich dafs nur in der einen Berührungsfläche die Erregung die angezeigte Richtung hat, aber mit einer gröfseren Intensität geschieht, als die Summe der beiden entgegengesetz-

ten Richtungen ausmacht. Sind mehr als drei Glieder in der Kette (das Metall für ein einziges genommen), so entstehen noch mehrere Combinationen, und das Resultat wird noch verwickelter.

Man kann daher eben so wenig aus diesen Versuchen an und für sich über die el. Erregung entscheiden, welche die feuchten Leiter unter einander eingehen, indem z. B. in den beiden angeführten Ketten derselbe Effect herauskommen kann, ob die Schwefelsäure und das Ammoniak die gleiche oder die entgegengesetzte Polarität mit dem Wasser annehme, sofern nämlich das, was in dem letzten Falle in der einen Richtung dadurch verloren geht, durch eine entgegengesetzte Erregung mit dem Metalle wieder ausgeglichen werden könnte.

Die meisten Versuche zur Bestimmung des Verhältnisses hat Becquerel angestellt, wobei er sich gleichfalls der Magnetnadel mit dem Multiplicator, dann aber auch der Condensatoren bediente. Er ist aber in mehrere Irrthümer hierbei verfallen. Schon die von ihm gewählte Bezeichnungsart kann leicht zu Miſsverständnissen Veranlassung geben. Er hatte seine ersten Versuche[1] mit der Magnetnadel angestellt, um die E., welche im chemischen Processe, namentlich bei der Auflösung trockener Alkalien in Säuren, so wie der trockenen Metalloxyde, wie des Zinkbleioxyds in Alkalien erregt wird, auszumitteln. Hierbei endigte nämlich der Draht des Multiplicators mit dem einen Ende in ein Platinschälchen und an dem andern Ende war ein Zängelchen von Platin befestigt, in welchem ein Stückchen des trockenen, jedoch schwach befeuchteten Alkalis oder des Metalloxyds gehalten wurde, das demnächst mit der Säure im Platinschälchen in Berührung kam. Wenn nun in diesem Falle der el. Strom nach der Säure durch den verbindenden Kreis des Multiplicators wieder zurück zum Alkali statt fand, so bediente er sich gewöhnlich zur Abkürzung des Ausdrucks „*der Strom gehe von der Säure zum Alkali*[2], was leicht die unrichtige Idee erregen könnte, daſs der Strom unmittelbar in der Berührungsfläche von der Säure zum Alkali gehe, wo also die Säure der — das Alkali der + Körper seyn würde, wovon aber unter den angegebenen Umständen gerade das Gegentheil statt findet, wie auch Becquerel selbst an einem andern Orte richtig be-

1 Ueber el. Wirkungen u. s. w. Schweigg. N. R. X. 384.
2 a. a. O. S. 397. 398.

merkt. Eine weitere Ueberlegung belehrte ihn, daſs nicht sowohl die durch den chemischen Proceſs (die Auflösung) als vielmehr im ersten Beginn desselben die durch die Berührung zwischen der Säure (dem Oxyde) und dem Alkali erregte E. diese Strömung bewirke, und daſs hierbei vorzüglich auch die el. Erregung, welche zwischen der Flüssigkeit (der Säure oder der alkalischen Lauge) und dem Platinlöffelchen, so wie zwischen dem Stückchen Alkali oder Oxyde und dem Platinzängelchen in Betracht komme, und die Strömung demnach das Resultat mehrerer el. Erregungen zugleich sey. Um also die Elementarwirkungen einzeln genauer bestimmen zu können, nahm er zu Bohnenberger's Elektrometer, auf welches ein Condensator aufgeschraubt war, seine Zuflucht[1]. Er stellte zu diesem Ende ein Schälchen von Kupfer auf die obere Condensatorplatte, die gleichfalls von Kupfer war, füllte dasselbe mit einer Auflösung von fixem oder flüchtigem Laugensalze, und brachte diese durch Eintauchen des Fingers oder durch einen feuchten Streifen Goldschlägerhaut, so wie auch die untere Platte des Condensators mit dem Erdboden in leitende Gemeinschaft. Als wenige Augenblicke nachher die obere Platte abgehoben wurde, bewegte sich das Goldblättchen zum — Pole hin, woraus Becquerel folgerte, daſs die alkalische Auflösung bei ihrer Berührung mit dem Kupfer +, das Metall —E angenommen habe. Die Anwendung der Schwefelsäure auf gleiche Weise gab ein entgegengesetztes Resultat, diese verhielt sich negativ, das Kupfer positiv.

Um auch die elektrische Erregung des Platins mit diesen Flüssigkeiten auszumitteln, wurde ein mit einer alkalischen Auflösung gefülltes Platinschälchen auf die obere Platte des Condensators gestellt, darauf einerseits die untere Platte mit einem Platinbleche, andererseits die Flüssigkeit mit dem Finger berührt. Auf solche Art wurden nach Becquerel's Meinung die elektromotorischen Wirkungen zwischen Platin und Kupfer aufgehoben, weil sie von beiden Seiten gleich waren; in einem andern Versuche wurde die elektromotorische Wirkung des Platins auf das Kupfer des Condensators durch Zwischenbringung eines nassen Papierstreifens zwischen das Kupfer und Platinschälchen beseitigt, eben so wurde bei einem Zinkschälchen verfahren; in

1 Von den elektromotorischen Wirkungen u. s. w. Schweigg N. R. XIII. 71.

beiden Fällen wurden dieselben Resultate wie mit Kupfer erhalten. Platin und Zink wurden nämlich gleichmäfsig mit alkalischen Flüssigkeiten negativ, diese positiv, mit concentrirten Säuren positiv, diese negativ. Wurde die Säure mit Wasser verdünnt, so gab sie gar keine freie E. zu erkennen. Schweigger macht in einer Anmerkung zur Uebersetzung jenes Aufsatzes gegen die Art die elektromotorische Einwirkung des obern Platins auf das Kupfer durch Berührung der untern Kupferplatte gleichfalls mit Platin den Einwurf, dafs Kupfer auch zwischen zwei ihm heterogenen oder unter sich gleichartigen Metallplatten, z. B. zwischen zwei Zinkplatten, in der Mitte liegend doch el. erregt werden könne. Mir scheint dieser Einwurf darum hier nicht anwendbar, weil diese el. Spannung, mit welcher das Kupfer allerdings unter diesen Umständen nach aufsen thätig seyn kann, nicht in der Richtung, in welcher die Condensatorplatten auf einander wirken, sondern nur in der Richtung seitwärts zur Manifestation kommt, und also nur einen zweiten Condensator und damit verbundenes Elektrometer afficiren könnte, nicht aber das in dem Versuche selbst gebrauchte. Dagegen macht die Beseitigung der elektromotorischen Wirkung durch Zwischenlegung eines feuchten Streifens Papier die Wirkung allerdings complicirt, und nicht blofs von der wechselseitigen Erregung des Zinks oder Platins mit der alkalischen oder sauren Flüssigkeit abhängig, da die Erregung zwischen dem blofsen Wasser und dem Kupfer einerseits und dem Platin andererseits mit in Betracht kommt. Silber auf dieselbe Weise untersucht zeigte kaum eine Spur von elektromotorischer Wirkung.

Becquerel prüfte ferner das Verhalten zweier verschiedener Metalle, wenn sie zu gleicher Zeit mit der alkalischen oder sauren Flüssigkeit in Berührung kommen, welcher Fall bekanntlich der gewöhnliche in der Volta'schen Säule ist. Für diesen Zweck füllte er das auf der obern Platte des Condensators stehende Kupferschälchen mit einer stark mit Wasser verdünnten Auflösung von Alkali oder Schwefelsäure, und berührte die Flüssigkeit mit einem Zinkbleche; in beiden Fällen zeigte sich das Kupferschälchen + el. geworden. Ward der Versuch umgekehrt, nämlich ein Zinkschälchen auf die Condensatorplatte aufgesetzt, und, um die Wirkung zwischen der kupfernen Platte und dem Zinke aufzuheben, die untere Platte des Condensators statt mit dem Finger mit Zink berührt, so bewegte sich das

Goldblättchen nach dem negativen Pole hin, zum Beweise, dafs das Zinkschälchen — el. geworden war. „Es erhellet aus diesen Versuchen, dafs wenn Kupfer und Zink durch eine saure oder alkalische Auflösung geschieden sind, Zink — und Kupfer + wird, umgekehrt also, als wenn beide sich in unmittelbarer Berührung befinden.“ Diese Versuche dehnte Becquerel[1] in der Folge noch auf mehrere Metalle aus, nämlich Gold, Silber, Platin, Eisen und Blei. Eine Platinkapsel sowohl mit concentrirter als mit sehr verdünnter Schwefelsäure gefüllt, wurde mit allen jenen Metallen, so wie auch mit Kupfer und Zink, +. Eine Kapsel von Kupfer mit concentrirter Schwefelsäure gefüllt, wurde mit Gold, Silber, Platin, Zink (?) —, mit Eisen und Blei 0; mit verdünnter Schwefelsäure gefüllt mit den drei ersten Metallen und mit Blei gleichfalls —, mit Eisen und Zink +. Eine Kapsel von Platin mit einer Auflösung von Kali mit allen Metallen +; eine Kapsel von Kupfer mit einer Kalilösung mit den drei ersten Metallen —, mit Eisen und Zink +, mit Blei 0. Wenn man durch anderweitige Versuche die el. Spannung der einzelnen Metalle mit Flüssigkeiten bestimmt hat, so kann man aus diesen Versuchen ohne Weiteres leicht entnehmen, welches von den beiden Metallen die stärkere Spannung habe, wenn man voraussetzt, dafs die — E der Flussigkeit, die von jedem Metalle seinerseits erregt wird, auf das gegenüberstehende Metall wirke. Denn wenn man die E. der Flüssigkeit, die mit dem eingetauchten Metalle in Berührung ist, $-\delta'$, und die des Metalls, aus welchem die Kapsel besteht, $+\delta$ nennt, so wird, wenn $\frac{+\delta-\delta'}{2}$ ein positives Resultat giebt, δ gröfser seyn müssen als δ'.

Um die Contactelektricität zwischen reinem Wasser und den Metallen zu prüfen, brachte Becquerel[2] ein mit destillirtem Wasser gefülltes Schälchen von Holz oder Porzellan auf die obere Platte des auf das Elektrometer geschraubten Condensators, und befeuchtete die Aufsenwände desselben gleichfalls mit Wasser, und um die davon abhängige, wenn gleich höchst schwache elektromotorische Wirkung auf die Platte des Condensators (die aber doch in der That nicht schwächer ist, als die,

1 Schweigg. N. R. XIV. 174.

2 Ebend.

welche Becquerel durch diese Versuche zu bestimmen suchte, da sie gleichfalls eine el. Erregung zwischen Wasser und dem Metalle des Condensators ist) für das Resultat des Versuchs verschwinden zu machen, wurde die untere Platte mit einem ähnlichen Gefäſse berührt, oder auch das untere Gefäſs gleichfalls mit destillirtem Wasser gefüllt, dann das Wasser von beiden Seiten mit dem Finger berührt und dadurch gegenseitig aufgehoben. Verschiedene Metallbleche zwischen den Fingern gehalten wurden in das Wasser eingetaucht. Zink, Eisen, Blei, Zinn, Kupfer theilten dem Wasser + E mit und wurden also selbst damit —, während Gold, Platin, Silber ihm — E mittheilten und also ihrerseits + damit wurden. Das Wasser verhielt sich also mit den leichter oxydabeln Metallen wie die Alkalien in ihrer Wirkung mit den Säuren (worüber jedoch, wie oben bemerkt worden, die Aussage der Versuche als unentschieden angesehen werden muſs). Diese Wirkung fand auch noch statt, wenn das Wasser eine kleine Menge Schwefelsäure enthielt, und wenn also gleich hierbei eine chemische Wirkung auf das Zink und Eisen eintrat (die Becquerel durch eine Reihe anderweitiger Versuche zu bestimmen und als die entgegengesetzte der el. Erregung in der Berührung zu finden geglaubt hatte), so wurde doch die elektromotorische dadurch nicht verhindert, und wurden Gold und Platin vorher einige Augenblicke in Salpetersäure eingetaucht und dann sorgfältig abgewischt, so brachten sie eine viel stärkere Wirkung in der Berührung mit dem Wasser hervor, und das Gold behielt diese Eigenschaft mehrere Stunden lang; dagegen wurde die Wirkung sehr vermindert, wenn diese Metalle vorher in eine Pottaschenauflösung eingetaucht worden waren.

In einem auffallenden Contraste mit den Resultaten der bisher angeführten Versuche stehen die ganz neuerlich von J. F. Pohl bekannt gemachten [1]. Zu seinen Versuchen bediente er sich zweier Condensatoren, deren Platten die eine von Zink, die andere von Kupfer war, unter Beobachtung der Vorsicht, daſs die Scheiben aus Zink und Kupfer, deren el. Spannung mit irgend einer Flüssigkeit untersucht werden sollte, jedesmal mit der ihnen gleichartigen Condensatorplatte durch einen an einer isolirenden Handhabe gehaltenen Draht von demselben

1 Der Proceſs der galvanischen Kette. Leipzig 1826. S. 14 ff.

Metalle in Berührung gesetzt wurden, um jede el. Erregung zwischen den Metallen selbst dadurch auszuschliefsen. Die Scheiben selbst, die mit der befeuchteten Pappe in Wechselwirkung gebracht wurden, hatten 6 Z. im Durchmesser. Um die Wirkung zu verdoppeln, wurde der aufgehobene Deckel des einen Condensators a, mit dessen Collectorplatte das mit der Flüssigkeit zu prüfende Metall in Berührung gebracht worden war, an die gleichartige Basis des andern Condensators b gebracht, während sein Deckel ableitend berührt wurde, worauf dieser an einer isolirenden Handhabe aufgehoben, und abermals mit der Collectorplatte des ersten Condensators a in Berührung gesetzt wurde, während ableitender Berührung seines Deckels mit dem Finger. So fand sich dann die Erregung des Kupfers gegen eine mit verdünnter Schwefelsäure getränkte, vorher gut abgewischte, Pappe constant +, mit einer Divergenz von 3 bis 5° der Goldblättchen, und die Erregung des Zinks constant —. Wurde das andere Extrem des flüssigen Leiters, statt durch einen kupfernen Draht mit der kupfernen Collectorplatte des Condensators in Berührung gebracht zu werden, vielmehr mit einer Scheibe von Zink von gleicher Gröfse mit der Pappe armirt, wo dann aber die Collectorplatte gleichartig mit jener obern Platte, also von Zink, angewandt wurde, so zeigte sich die positive Erregung des Kupfers ungleich stärker, indem nun die Divergenz der Goldblättchen 10 bis 15° betrug. Eben so fand sich die negative Erregung des Zinks in dem zweiten Versuche auf ähnliche Weise verstärkt, wenn die andere Seite des flüssigen Leiters mit einem Kupferbleche armirt, und dieses mit der Collectorplatte von Kupfer in Verbindung gebracht wurde. Dieser Erfolg bleibt nach Pohl im Wesentlichen derselbe, man mag statt der Schwefelsäure eine andere Säure, eine alkalische oder sonst eine andere salzige Solution nehmen, allemal wird man das Kupfer + das Zink — erregt finden, schwächer, wenn die Flüssigkeit nur mit dem einen Metalle, stärker wenn sie mit beiden Metallen auf ihren zwei Seiten armirt ist, nur ist dabei zu berücksichtigen, dafs manche Solutionen, wie z. B. der Salpetersäure, des Salmiaks, zumal in sehr concentrirtem Zustande, in den ersten Momenten einen verhältnifsmäfsig starken, aber sehr bald mit Schnelligkeit herabsinkenden Grad der Erregung bewirken, ein Nachtheil, den man in diesen Versuchen dadurch beträchtlich beseitigt, dafs

man der feuchten Pappe alle ihrer Oberfläche frei adhärirende Flüssigkeit zwischen Fliefspapier entzieht, und sie vor dem Versuche noch einige Zeit der Luft zum gleichmäfsigen Abtrocknen ausgesetzt läfst.

Pohl's ferneren Versuchen zufolge soll nun[1] die ganze Reihe der Metalle in zwei Classen zerfallen, von denen die Glieder der einen, welche nächst Silber, Gold und Platin auch Quecksilber und Kupfer in sich begreift, gegen des Wasser, die Säuren, so wie gegen die Alkalien und alle andere Solutionen durchgehends positiv auftreten, u. z. um so positiver, je negativer sie in der Spannungsreihe der Metalle sind, während die Glieder der andern Classe, Eisen, Zinn, Blei, Zink eben so constant mit allen diesen Flüssigkeiten negativ erregt werden, und wieder um so negativer, je positiver sie sich in der Metallreihe erhalten. Diese constante gleichartige Relation eines und desselben Metalls gegen alle Flüssigkeiten ohne Unterschied soll auch als eine Folgerung aus dem Umstande hervorgehen, dafs die Kette ZFK (Zink, feuchter Leiter, Kupfer), welche mit den beiden Endmetallen mit den Enddrähten eines Multiplicators in Verbindung gesetzt wird, die Magnetnadel unter sonst gleichen Umständen stets auf völlig gleiche Art ablenkt, man mag an die Stelle des F eine Säure oder ein Alkali oder irgend eine andere Solution setzen, sobald nur die Metalle dieselben bleiben. Die scheinbaren Ausnahmen, welche Pohl nicht ableugnen kann, z. B. dafs regulinisches Eisen mit einer Auflösung von Schwefelkalium im Anfange + wird, dafs Ketten von Eisen, Kupfer und Schwefelleberauflösung eine der durch jenes allgemeine Gesetz postulirten entgegengesetzte Polarität zeigen, erklärt derselbe für blofs vorübergehende, den wahren Zustand der Sache auf keine Weise bezeichnende Erfolge.

Aus dem Zerfallen der Metalle oder überhaupt der Erreger der ersten Reihe in zwei Classen, deren Glieder mit den Flüssigkeiten gerade die entgegengesetzte el. Erregung von derjenigen zeigen, die sie mit einander eingehen, folgt dann auch, dafs, so oft die Relation der beiden trockenen Erreger gegen das F. (irgend einer Flüssigkeit), mit welchem sie zugleich in Conflict kommen, nicht gleichartig, sondern verschieden ist, sie

1 a. a. O. S. 29. 30.

immer auch die entgegengesetzte von derjenigen seyn mufs, welche unter den Erregern selbst statt findet, und dieser constante Gegensatz der el. Relationen zwischen den Metallen und der Flüssigkeit soll es seyn, welche den Träger aller Erscheinungen in der Kette bilde[1].

Schon bei Gelegenheit der Uebersetzung von Davy's classischer Abhandlung über einige chemische Wirkungen der E.[2] habe ich eine Reihe von Versuchen über das Verhalten der feuchten Leiter gegen die Metalle bekannt gemacht. Die damals von mir befolgte Methode bestand darin, mit Hülfe des Condensators die el. Spannung einer einfachen Combination, und wenn diese zu schwach war, einer aus mehreren gleichartigen Combinationen aufgebauten Säule zu untersuchen, wobei aufser dem Metalle und der in Rücksicht auf ihre el. Erregung mit diesem zu untersuchenden Flüssigkeit noch eine mit distillirten Wasser befeuchtete Pappe zu Hülfe genommen wurde, so dafs das Schema jeder einzelnen solchen Combination durch MFh dargestellt wird, wobei M das Metall, F die zu untersuchende Flüssigkeit und h das reine Wasser bedeutet. Das eine Ende wurde dann, um das Maximum von Spannung zu erhalten, jedesmal ableitend berührt, und die feuchte Pappe h mit der Collectorplatte des Condensators in unmittelbarer Berührung gebracht. Hierbei wurde vorausgesetzt, dafs bei Anwendung von chemisch sehr differenten Flüssigkeiten, wie Säuren, Alkalien, Schwefellebern u. d. g. das Resultat durch die überwiegende el. Erregung zwischen dem Metalle und einer solchen Flüssigkeit bestimmt werde, wo dann, von der Berührungsfläche zwischen dem Metalle und irgend einer solchen Flüssigkeit in der einzelnen Combination ausgegangen, in der Säule der Pol, welcher an demjenigen Ende sich befand, wohin das Metall gerichtet war, als die eigenthümliche Erregung dieses Metalls und der an dem entgegengesetzten Ende, wohin die Flüssigkeit gekehrt war, auftretende Pol als die el. Erregung dieser Flüssigkeit anzeigend betrachtet wurde. So wurden nun folgende Resultate erhalten[3].

A. 1. Mit der ätzenden Kali- und Natron-Lauge werden alle Metalle +, während diese — sind.

1 Vergl. unten Theorie.

2 Gehlen's Journ. V. 82.

3 Vgl. G XXVIII. 239.

2. Die — E. der Metalle ist in der Regel um so stärker, je näher dieselbe nach dem + Ende der Spannungsreihe stehen, doch ist die Erregung des Zinns noch stärker als die des Zinks, und die des Eisens schwächer als die der übrigen Metalle.

3. Die + el. Erregung jener fixen Laugensalze mit allen Metallen findet bei jedem Grade der Verdünnung statt, doch ist sie um so stärker, je concentrirter die Lauge ist.

4. Diese el. Spannung, besonders die stärkere in letzterem Falle, sinkt in kurzer Zeit und geht bei einigen Metallen durch 0 in die entgegengesetzte über. Insbesondere zeigt das Eisen diese Umwandlung der Polarität, und die zweite positive für das Eisen, negative für das Laugensalz, ist sogar dem Grade nach stärker als die ursprüngliche entgegengesetzte. Auch eine Säule aus Zink, Aetzkali, Wasser, kehrt nach einigen Stunden ihre Polarität um.

B. 5. Eben so wie die reinen fixen Alkalien verhalten sich das Ammoniak und die Kalkmilch, mit den bekannteren Metallen, nur mit Ausnahme des Spieſsglanz-Metalls für das erstere und des Eisens für das letztere, die mit ihnen vielmehr + werden.

C. 6. Mit Auflösung der Schwefelleber werden alle Metalle —, jene +, sie scheint gleichsam die Metallreihe auf der + Seite über das Zink hinaus fortzusetzen und sich dem Gesetze derselben gemäſs zu verhalten, da sie mit dem ihr am nächsten stehenden Zinke am schwächsten und dem von ihr entferntesten Grau-Braunsteinerz am stärksten + wird.

D. 7. Mit dem mit Wasser zu Pulver gelöschten Kalke werden Eisen, Zink und Silber +, die übrigen Metalle, namentlich Wismuth, Blei, Spieſsglanz, Zinn, Kupfer —.

E. 8. Mit dem kohlensauren Kali wird das Eisen gleich im Anfange + und die erst negativen Zink und Zinn nach weniger Zeit gleichfalls +.

9. Mit dem kohlensauren Ammoniak werden alle Metalle, mit Ausnahme des positiv werdenden Eisens, —.

F. 10. Mit der concentrirten Schwefelsäure und mit der concentrirten Salpetersäure werden alle Metalle +.

11. Mit der verdünnten Schwefelsäure und mit der gewöhnlichen concentrirten Salzsäure werden die meisten Metalle —, nur mit der ersteren das Kupfer und Blei, mit der letzteren das Spieſsglanz und Eisen +.

12. Mit der verdünnten Salpetersäure gerade so wie mit der concentrirten werden alle Metalle +.

13. Mit dem liquiden Chlor werden Zink, Zinn, Gold und Kupfer (mehrere waren nicht untersucht worden) —.

G. 14. Mit den Neutral- und Mittelsalzen, in welche Schwefelsäure oder Salzsäure eingehen, werden Zink sowohl als Kupfer —, und diese Salze +, insbesondere gilt dieses für schwefelsaures Natron, schwefelsaures Ammoniak, schwefelsaure Talkerde, Alaun, schwefelsaure Thonerde, Kochsalz, Salmiak, salzsaure Talkerde, salzsaure Thonerde und auch für den Borax.

15. Mit den Salzen hingegen, deren saurer Bestandtheil die Salpetersäure ist, namentlich mit dem gemeinen Salpeter, dem salpetersauren Baryt, dem salpetersauren Kalke, der salpetersauren Talkerde, verhalten sich Zink sowohl als Kupfer positiv.

Bei der Wichtigkeit der Sache und da seit der Bekanntmachung dieser Versuche von mehreren Physikern entgegengesetzte Resultate mitgetheilt worden sind, hielt ich es für der Mühe werth, diesen Gegenstand von neuem einer experimentalen Prüfung zu unterwerfen, und ich habe in dieser Absicht alle Versuche Poggendorff's, Becquerel's und Pohl's mit der gröſstmöglichsten Sorgfalt und häufig wiederholt, so daſs ich die Resultate, wie sie hier folgen, verbürgen kann.

Was zuerst das relative Verhalten des *Zinks* und *Kupfers* gegen mehrere Flüssigkeiten betrifft, so habe ich zwar bei der Anstellung der Versuche nach Pohl's Methode das von ihm angegebene Verhalten mit mehreren Flüssigkeiten bestätigt gefunden, aber mit den alkalischen Flüssigkeiten und den Schwefellebern so constant das Gegentheil gefunden, daſs dadurch das von Pohl aufgestellte Gesetz durchaus nicht in seiner Allgemeinheit zulässig ist. Um die Erregung recht auffallend zu machen, habe ich mich gewöhnlich der unter No. 14 angegebenen Methode der Vervielfältigung bedient. Ich erhielt in der Hauptsache ganz gleiche Resultate, ob ich die mit den Flüssigkeiten getränkten Pappen von den Condensatorplatten trennte oder sie darauf liegen lieſs. Im letzteren Falle verfuhr ich auf folgende Weise. Die Platten jedes der Condensatoren bestanden aus einer Zink- und Kupferscheibe, und die Condensatoren waren auf gleich empfindliche Goldblattelektrometer aufgeschraubt. Wollte ich nun die el. Erregung irgend einer

Flüssigkeit mit dem Kupfer untersuchen, so legte ich eine mit derselben getränkte Pappscheibe auf die obere Kupferplatte des einen Condensators a, berührte die feuchte Pappe mit dem Finger, während zugleich die untere Zinkplatte desselben Condensators ableitend berührt wurde, hob die obere Kupferplatte dann auf, brachte sie an die auf das Goldblatt-Elektrometer aufgeschraubte Kupferplatte des andern Condensators b, indem ich zugleich die obere Zinkscheibe desselben ableitend berührte, wobei ich sorgfältig darauf achtete, daſs die feuchte Pappe auf a nicht mit der Kupferplatte von b in Berührung kam, setzte dann die Kupferscheibe von a wieder auf ihre Zinkplatte zurück, und wiederholte alles, wie das erstemal. Bei sehr wirksamer Erregung zwischen der Flüssigkeit und dem Kupfer war eine einmalige Anstellung des Versuchs schon hinreichend in den Goldblättchen des Elektrometers b Divergenz hervorzubringen, wobei denn die Art der E. dieselbe war, wie die vom Kupfer des Condensators a angenommene, bei sehr schwacher Erregung war wohl eine 10 bis 12 fache Wiederholung nothwendig, um auffallende Spannung zu geben, die aber stets regelmäſsig mit der Wiederholung der Berührungen zunahm, und bei der groſsen Condensationskraft meiner Condensatoren war ich im Stande auch die schwächste Erregung durch öftere Wiederholung so weit zu treiben, daſs selbst mein Volta'sches Strohhalmelektrometer [1] mehrere Grade von Divergenz zeigte. Ganz gleiche Resultate erhielt ich, wenn ich die mit der Flüssigkeit getränkte Pappe zwischen die Finger nahm, die Kupferplatte des Condensators a damit berührte, dann die Gemeinschaft wieder aufhob und übrigens auf gleiche Weise verfuhr. Das Verfahren wurde dann auch so abgeändert, daſs ich auf eine mit der Flüssigkeit getränkte Pappe eine Kupferscheibe legte und diese mit der Kupferplatte in Berührung brachte, während die befeuchtete Pappe ableitend berührt wurde, und es machte hierbei in der Gröſse der Spannung keinen Unterschied, ob die Pappscheibe und Kupferplatte nur eine Linie oder viele Zolle im Durchmesser hatte. Wollte ich die el. Erregung irgend einer Flüssigkeit mit dem Zinke untersuchen, so nahmen in allen obigen Fällen die Zinkscheiben nur den Platz der Kupferscheiben, und diese umgekehrt den der Zinkscheiben ein. Nach dieser Methode

1 Vergl. Th. III. S. 665. 666.

erhielt ich folgende Resultate, wobei die Flüssigkeiten in der Ordnung der Stärke ihrer el. Erregung mit den Metallen aufeinander folgen.

Kupfer +	Zink —
Mit 4 bis 8 Theilen Wasser verdünnte Schwefelsäure	Eben so verdünnte Schwefelsäure
	Verdünnte Salpetersäure
	Liquides Chlor
— Chlorkalk	+ Chlorkalk
Salmiak	Salmiak
verdünnte Salpetersäure	Salpeter
Wasser	Wasser

Die stärkste positive Spannung, welche die verdünnte Schwefelsäure mit dem Kupfer hervorbringt, ist indefs nicht stärker, als die positive Spannung, welche das Zinn in Berührung mit dem Kupfer annimmt. Stärker ist dagegen die negative Erregung des Zinks durch die nämlichen Flüssigkeiten, und namentlich ist die mit der verdünnten Schwefelsäure eben so stark als die negative Erregung des Kupfers mit dem Zinke.

Eben so wie das Kupfer wurden auch Gold, Silber, Antimon mit den angezeigten Flüssigkeiten positiv, diese negativ, und ein übereinstimmendes Verhalten mit dem Zinke zeigten dagegen Blei, Zinn, Kadmium, Eisen, welche damit negativ wurden.

Ganz abweichend von diesem Verhalten, nach welchem allerdings die Erreger der ersten Classe in zwei grofse Haufen, den der positiven und den der negativen, zu zerfallen scheinen, ist dagegen, wie schon oben bemerkt, das Verhalten gegen die alkalischen Laugen und die Auflösungen der Schwefellebern. In allen oben beschriebenen Abänderungen der Versuche verhielten sich alle von mir untersuchte Metalle, namentlich auch Kupfer und Silber, ebensowohl negativ mit diesen Flüssigkeiten wie Zinn und Zink, und zwar war der Erfolg sehr constant, und trat eben so gut ein, wenn die mit diesen Flüssigkeiten getränkten Pappen noch nafs, als wenn sie gut abgetrocknet waren. Was die Stärke der — Spannung betraf, so zeigte sie sich bei Anwendung der Schwefelleber stärker bei den mehr negativen Metallen, dem Silber und Kupfer, als bei den mehr positiven; dagegen war die el. Erregung zwischen den alkalischen Laugen und den positiven Metallen, Zinn und Zink

2. Die — E. der Metalle ist in der Regel um so stärker, je näher dieselbe nach dem + Ende der Spannungsreihe stehen, doch ist die Erregung des Zinns noch stärker als die des Zinks, und die des Eisens schwächer als die der übrigen Metalle.

3. Die + el. Erregung jener fixen Laugensalze mit allen Metallen findet bei jedem Grade der Verdünnung statt, doch ist sie um so stärker, je concentrirter die Lauge ist.

4. Diese el. Spannung, besonders die stärkere in letzterem Falle, sinkt in kurzer Zeit und geht bei einigen Metallen durch 0 in die entgegengesetzte über. Insbesondere zeigt das Eisen diese Umwandlung der Polarität, und die zweite positive für das Eisen, negative für das Laugensalz, ist sogar dem Grade nach stärker als die ursprüngliche entgegengesetzte. Auch eine Säule aus Zink, Aetzkali, Wasser, kehrt nach einigen Stunden ihre Polarität um.

B. 5. Eben so wie die reinen fixen Alkalien verhalten sich das Ammoniak und die Kalkmilch, mit den bekannteren Metallen, nur mit Ausnahme des Spiefsglanz-Metalls für das erstere und des Eisens für das letztere, die mit ihnen vielmehr + werden.

C. 6. Mit Auflösung der Schwefelleber werden alle Metalle —, jene +, sie scheint gleichsam die Metallreihe auf der + Seite über das Zink hinaus fortzusetzen und sich dem Gesetze derselben gemäfs zu verhalten, da sie mit dem ihr am nächsten stehenden Zinke am schwächsten und dem von ihr entferntesten Grau-Braunsteinerz am stärksten + wird.

D. 7. Mit dem mit Wasser zu Pulver gelöschten Kalke werden Eisen, Zink und Silber +, die übrigen Metalle, namentlich Wismuth, Blei, Spiefsglanz, Zinn, Kupfer —.

E. 8. Mit dem kohlensauren Kali wird das Eisen gleich im Anfange + und die erst negativen Zink und Zinn nach weniger Zeit gleichfalls +.

9. Mit dem kohlensauren Ammoniak werden alle Metalle, mit Ausnahme des positiv werdenden Eisens, —.

F. 10. Mit der concentrirten Schwefelsäure und mit der concentrirten Salpetersäure werden alle Metalle +.

11. Mit der verdünnten Schwefelsäure und mit der gewöhnlichen concentrirten Salzsäure werden die meisten Metalle —, nur mit der ersteren das Kupfer und Blei, mit der letzteren das Spiefsglanz und Eisen +.

12. Mit der verdünnten Salpetersäure gerade so wie mit der concentrirten werden alle Metalle +.

13. Mit dem liquiden Chlor werden Zink, Zinn, Gold und Kupfer (mehrere waren nicht untersucht worden) —.

G. 14. Mit den Neutral- und Mittelsalzen, in welche Schwefelsäure oder Salzsäure eingehen, werden Zink sowohl als Kupfer —, und diese Salze +, insbesondere gilt dieses für schwefelsaures Natron, schwefelsaures Ammoniak, schwefelsaure Talkerde, Alaun, schwefelsaure Thonerde, Kochsalz, Salmiak, salzsaure Talkerde, salzsaure Thonerde und auch für den Borax.

15. Mit den Salzen hingegen, deren saurer Bestandtheil die Salpetersäure ist, namentlich mit dem gemeinen Salpeter, dem salpetersauren Baryt, dem salpetersauren Kalke, der salpetersauren Talkerde, verhalten sich Zink sowohl als Kupfer positiv.

Bei der Wichtigkeit der Sache und da seit der Bekanntmachung dieser Versuche von mehreren Physikern entgegengesetzte Resultate mitgetheilt worden sind, hielt ich es für der Mühe werth, diesen Gegenstand von neuem einer experimentalen Prüfung zu unterwerfen, und ich habe in dieser Absicht alle Versuche POGGENDORFF's, BECQUEREL's und POHL's mit der gröfstmöglichsten Sorgfalt und häufig wiederholt, so dafs ich die Resultate, wie sie hier folgen, verbürgen kann.

Was zuerst das relative Verhalten des *Zinks* und *Kupfers* gegen mehrere Flüssigkeiten betrifft, so habe ich zwar bei der Anstellung der Versuche nach POHL's Methode das von ihm angegebene Verhalten mit mehreren Flüssigkeiten bestätigt gefunden, aber mit den alkalischen Flüssigkeiten und den Schwefellebern so constant das Gegentheil gefunden, dafs dadurch das von POHL aufgestellte Gesetz durchaus nicht in seiner Allgemeinheit zulässig ist. Um die Erregung recht auffallend zu machen, habe ich mich gewöhnlich der unter No. 14 angegebenen Methode der Vervielfältigung bedient. Ich erhielt in der Hauptsache ganz gleiche Resultate, ob ich die mit den Flüssigkeiten getränkten Pappen von den Condensatorplatten trennte oder sie darauf liegen liefs. Im letzteren Falle verfuhr ich auf folgende Weise. Die Platten jedes der Condensatoren bestanden aus einer Zink- und Kupferscheibe, und die Condensatoren waren auf gleich empfindliche Goldblattelektrometer aufgeschraubt. Wollte ich nun die el. Erregung irgend einer

stärker, als zwischen ersteren und den mehr negativen Metallen, dem Silber und Kupfer. Weniger entscheidend als mit den ätzenden Laugensalzen fielen die Versuche mit dem Ammoniak aus.

26. Vergleichen wir die nach der Reihe aufgezählten Versuche mit einander, um allgemeine Resultate über das Verhalten der feuchten Erreger mit den trockenen daraus zu ziehen, so sind wir zu dem Geständnisse gezwungen, dafs noch vieles daran fehlt, hierin eine so feste Grundlage gewonnen zu haben, wie für das Verhalten der trockenen Erreger unter einander. Die Hauptschwierigkeit in diesen Versuchen liegt darin, dafs wir eigentlich kein einziges reines Resultat über das Verhalten einer einzelnen Flüssigkeit mit einem trockenen Erreger erhalten haben, indem die ableitende Berührung mit dem Finger immer die elektromotorische Wirkung des letzteren mit der in Rücksicht auf ihr Verhalten zu prüfenden Flüssigkeit mit ins Spiel brachte. Dann ist auch nicht zu leugnen, dafs die Versuche mit dem Condensator nicht so ganz constante Resultate geben, und dafs hier el. Erregungen von zufälligen Umständen sich einmischen und die Erfolge abändern, ohne dafs sich diese Umstände immer genau bestimmen lassen. Viel constanter sind in dieser Hinsicht die Ergebnisse der geschlossenen Ketten, nur dafs sich nie aus denselben unmittelbar auf das Verhalten der feuchten Leiter mit den trockenen ein bestimmter Schlufs machen läfst, weil die el. Erregung der feuchten Leiter unter einander den Erfolg mit bestimmt, wie dieses schon oben aus einander gesetzt ist. Ob darin der Grund liegt, dafs die geschlossenen Ketten einen andern Erfolg geben als nach dem Ausfalle der Versuche mit dem Condensator zu erwarten gewesen wäre, oder ob sich hierbei noch eine neue Einwirkung einmischt, lasse ich hier vorerst dahin gestellt seyn. Wenn Zink gegen gewisse Flüssigkeiten z. B. verdünnte Schwefelsäure, verdünnte Salpetersäure, Salmiak, ein entgegengesetztes Verhalten wie das Kupfer zeigt, so sollte man erwarten, dafs in einer einfachen Kette, in welcher die Richtung der Thätigkeit vorherrschend durch die Wechselwirkung des Metalls mit einer dieser Flüssigkeiten bestimmt wird, diese Richtung, und also auch die Richtung aller damit gegebenen Processe, die Lagerung der chemischen Pole die Ablenkung der Magnetnadel die entgegengesetzte seyn sollte, und doch ist dem nicht so, denn eine geschlossene Kette aus Zink, Salmiak oder verdünnter Salpetersäure oder verdünn-

ter Schwefelsäure, Wasser und Zink giebt ganz dieselbe Ablenkung der Magnetnadel, als wenn an die Stelle des Zinks Kupfer genommen wird, wie aus POGGENDORFF's oben angeführten Versuchen erhellet, die ich vollkommen bestätigt gefunden habe. Nach dem herrschenden Sprachgebrauche würde nämlich in der ersten Kette der el. Strom aufwärts, in der zweiten abwärts gehen, von welcher entgegengesetzten Richtung bei gleicher Art der Umschlingung des Multiplicators um die Magnetnadel entgegengesetzte Ableitungen abhängen. Da ferner nach den Versuchen mit dem Condensator die alkalischen Laugen und Schwefellebern mit den Metallen, insbesondere mit dem Kupfer eine entgegengesetzte el. Erregung eingehen, wie die Säuren, so würde daraus folgen, dafs die Richtung der Thätigkeit in den geschlossenen Ketten, so wie in Säulen aus einem Metalle und diesen Flüssigkeiten, eine entgegengesetzte seyn müfste. Nun liegt in der That auch in Säulen aus Kupfer oder Silber, Schwefelkalilösung und Wasser der + oder Oxygenpol auf Seiten der Schwefelleber, oder nach oben, wenn die Glieder in dieser Ordnung auf einander folgen[1], aber die Wirkung der einzelnen Kette nach Aussage der Magnetnadel, stimmt damit nicht überein; denn eine Kette aus Kupfer, Schwefelkali, Wasser, Kupfer giebt dieselbe Abweichung wie eine Kette aus Kupfer, verdünnter Schwefelsäure, Wasser, Kupfer, und eben so verhält sich auch eine Kette aus Kupfer, Aetzkalilauge, Wasser, Kupfer. Was indefs doch schon jezt als ausgemacht angenommen werden darf, ist Folgendes:

1. Dafs die Metalle in Beziehung auf alle Flüssigkeiten in zwei Haufen zerfallen, wovon die zu dem einen Haufen gehörigen mit allen eine +, die zu dem andern Haufen gehörigen eine — el. Erregung eingehen, ist mit den Erfahrungen wenigstens der Majorität der Physiker im Widerspruche.

2. Es giebt vielmehr Flüssigkeiten, welche mit allen Metallen eine und dieselbe el. Erregung eingehen, nämlich die Auflösungen der verschiedenen Schwefellebern und die starken alkalischen Laugen, und zwar sowohl die fixen Laugensalze als auch das Ammoniak eine positive, und die sehr concentrirten Säuren, wie es scheint, eine negative.

3. Für mehrere Flüssigkeiten verhalten sich indefs die ver-

1 Vergl. auch DAVY in G. XI. 388.

schiedenen Metalle auf entgegengesetzte Weise, und zwar in den meisten Fällen so, dafs die el. Erregung zweier solcher Metalle gerade die entgegengesetzte ist von derjenigen, welche sie selbst mit einander eingehen.

4. Für alle solche Flüssigkeiten wird die el. Erregung des einen Metalls, welches die Flüssigkeit auf der einen Seite bewaffnet, stets erhöht durch die Bewaffnung dieser Flüssigkeit auf der entgegengesetzten Seite mit einem solchen entgegengesetzt wirkenden Metalle. So zeigt z. B. die Kupferplatte des Condensators, auf welcher eine mit verdünnter Schwefelsäure getränkte Pappscheibe liegt, eine viel stärkere positive Spannung, wenn auf jene Pappscheibe nun noch eine Zinkscheibe gelegt, und diese mit dem Finger berührt wird, als beim Mangel dieser Zinkbewaffnung, und die Zinkplatte des Condensators unter denselben Umständen eine viel stärkere negative Spannung bei der Bewaffnung der auf ihr liegenden mit verdünnter Schwefelsäure getränkten Pappscheibe mit einer Kupferplatte, als bei Abwesenheit derselben.

5. Für alle Flüssigkeiten hingegen, welche mit den Metallen dieselbe Art von el. Erregung geben, wird die des einen Metalls stets schwächer ausfallen, und kann auch wohl in die entgegengesetzte übergehen, als bei Abwesenheit jener andern Armatur. So zeigte in einigen Versuchen die Condensator-Platte, die ziemlich stark negativ erregt wird, bei der Berührung einer mit Aetzkalilauge getränkten Pappe mit dem Finger, bei der Bewaffnung dieser Pappe mit Zink, wenn dieser ableitend berührt wurde, positive Erregung.

6. Die Flüssigkeiten bilden mit den trockenen Erregern keine gemeinschaftliche Spannungsreihe, auf welche die unter 13 aufgestellten Gesetze anwendbar wären. Am meisten stimmt noch das Verhalten der Auflösungen der Schwefellebern damit überein, wenn man sie als Substanzen betrachtet, die noch *unter* das Zink gehören und die Reihe auf der + Seite fortsetzen, indem ihre el. Erregung mit den verschiedenen trockenen Erregern in dem Verhältnisse gröfser ist, in welchem ein solcher dem entgegengesetzten — Ende näher steht; dagegen weichen schon die alkalischen Laugen von dem Gesetze darin ab, dafs sie, denen gleichfalls noch *unter* dem Zink ihr Platz in der Reihe eingeräumt werden mufste, da sie mit allen Metallen + el. werden, gerade mit denjenigen, die dem + Ende näher stehen,

wie mit dem Zinke und besonders dem Zinn, eine viel stärkere el. Spannung zeigen, als mit den mehr negativen Metallen; noch auffallender zeigt sich aber die Abweichung von dem Gesetze der Spannungsreihe bei denjenigen Flüssigkeiten, die mit zwei verschiedenen Metallen gerade die entgegengesetzte el. Erregung von derjenigen annehmen, die diese unter sich selbst eingehen, so daſs es in Beziehung auf solche Flüssigkeiten vielmehr den Anschein hat, wie wenn eine Umkehrung der Spannungsreihe statt fände.

Was den Grad der el. Erregung betrifft, welche die trockenen Erreger mit den Flüssigkeiten eingehen, so scheint zwar auch hier ein bestimmtes Maſs statt zu finden, das nicht überschritten werden kann, indeſs fallen die Versuche in dieser Hinsicht nicht so entscheidend aus wie in Betreff des Erregungsgrades der trockenen Erreger mit einander, und der Grund hiervon liegt ohne Zweifel in der schnellen Veränderung, welche die trockenen Erreger durch die Einwirkung der Flüssigkeiten erleiden, wodurch die Erregung selbst fortdauernd abgeändert und selbst in die entgegengesetzte umgewandelt wird. Daher kann es wohl auch rühren, daſs Säulen, aus einem Metalle und zwei Flüssigkeiten errichtet, eine entgegengesetzte Polarität von derjenigen zeigen, welche die einfachen Ketten in ihrer Einwirkung auf die Magnetnadel verrathen, indem schon während des Aufbauens jener Säulen sich die ursprüngliche Erregung in die entgegengesetzte umgewandelt haben kann, während der schnell vollendete Versuch in der einfachen Kette jene noch zeigt. Eben darum ist es sehr schwer eine naturgemäſse Reihenfolge der verschiedenen Flüssigkeiten für die einzelnen Metalle nach dem Grade der el. Erregung aufzustellen, und ich lege daher auch keinen groſsen Werth auf die oben für Zink und Kupfer aufgestellten Reihen. Gemeiniglich sind die Spannungen so schwach, daſs die von mir mit so groſsem Vortheile angewandte Verstärkung 12 und selbst mehreremale wiederholt werden muſs, ehe es zu einem bemerklichen Ausschlage kommt, innerhalb welcher Zeit das ursprüngliche Verhältniſs sich schon merklich verändert haben kann.

7. Eine Folge davon, daſs die flüssigen Erreger keine gemeinschaftliche Spannungsreihe mit den trockenen Erregern bilden, ist ferner noch, daſs jenes merkwürdige Gesetz der Unveränderlichkeit der el. Erregung der Endglieder einer Reihe von

Körpern, in welcher Ordnung die zwischen ihnen befindlichen auch auf einander folgen mögen (nach 23) hier seine Anwendung nicht findet. Sobald in einer solchen Reihenfolge trockene und flüssige Erreger mit einander abwechseln, wird die nach dem Gesetze der ersten Reihe erfolgende Spannungssetzung, die jenes Resultat als nothwendige Folge ergab, durch jeden flüssigen Leiter stets wieder unterbrochen, und die Spannung der Endglieder ist das Product beiderlei Arten von Spannungssetzung. Kennt man die Art und den Grad der Spannung, welchen die flüssigen Leiter mit den trockenen Erregern, mit denen sie sich in unmittelbarer Berührung befinden, eingehen, so läſst sich die Spannung der Endglieder leicht bestimmen. Das eine der trockenen Endglieder heiſse a, das andere z, die trockenen Erreger, welche an den unterbrechenden flüssigen Leiter α angrenzen, m und n, so ist, wenn a ableitend berührt wird, die Spannung von m eine gegebene positive oder negative, dem Spannungsunterschiede von a und m gemäſs; die Spannung von α in Beziehung auf die von m ist gleichfalls ihrer Gröſse und Art nach bestimmt, durch den bekannten Spannungsunterschied von m und α, eben so die Spannung von n, und endlich die Spannung von z. Diese Bestimmungsweise gilt auf die umgekehrte Weise eben so für a, wenn z durch Ableitung als auf das 0 zurückgebracht angenommen wird; die so gefundenen Spannungen geben halbirt die Spannungen der Endglieder, wenn man sich die Körper als vollkommen isolirt an einander gereiht denkt. Für einfachere Combinationen von zwei trockenen Erregern mit einem flüssigen stimmen die Versuche mit der Thesis ziemlich genau überein.

27. Wenn die Ausmittelung des el. Verhaltens der trockenen Erreger mit den feuchten, wie wir gesehen haben, schon ihre groſsen Schwierigkeiten hat, so gilt dieses noch weit mehr in Ansehung der Bestimmung der el. Erregung der Flüssigkeiten unter einander in der bloſsen Berührung, und es fehlt in dieser Hinsicht an allen sichern Beobachtungen. Davy suchte auf eine indirecte Weise durch das Verhalten zweier Körper gegen einen dritten, das Verhalten der ersteren gegen einander zu bestimmen. „Wir können", sagt er[1], „mit Sicherheit schlieſsen, daſs Körper, welche in Hinsicht auf eine und dieselbe Substanz

1 Gehlen's Journ. V. 39. auch G. XXVIII. 181.

entgegengesetzte Kräfte besitzen, auch respective unter sich entgegengesetzte Kräfte besitzen werden. Dieses finde ich in einem Versuche, den ich mit trockenem Kalke und Kleesäure anstellte. Ein Stück trockenen Kalkes, der von einem Stücke dichten, sehr reinen, secundären Kalksteins herrührte, und so geschnitten war, daſs er eine breite, glatte Oberfläche darbot, wurde durch wiederholte Berührung mit Krystallen von Kleesäure + elektrisch, diese Krystalle auf das condensirende Elektrometer gebracht, und wiederholt von dem Kalke, den man nach jeder Berührung entlud, berührt, machten die Goldblättchen mit — E aus einander gehen. Durch die bloſse Berührung der Säure oder des Alkali mit dem Metalle würde man die entgegengesetzte E. erhalten haben, ihre wechselseitige Wirkung muſs also sehr stark gewesen seyn". Der Analogie nach, meint nun Davy, könne man annehmen, daſs allgemein alle übrige Säuren und alkalische Substanzen, so wie der Sauerstoff und Wasserstoff, entsprechende el. Verhältnisse besitzen. Auch findet er eine Bestätigung dieser Ansicht in der Zerlegung der zusammengesetzten Körper durch die Volta'sche Säule, indem der + Pol die Alkalien und den Wasserstoff, der — Pol den Sauerstoff und die Säuren aus ihren Verbindungen abtrenne, weil sie dadurch in einen von ihrer natürlichen Ordnung verschiedenen el. Zustand versetzt werden. Heidmann's schon oben angeführte Versuche[1] waren nicht geeignet, diesen dunkeln Gegenstand aufzuklären, da die Wirkungen nicht bloſs von der Erregung der Flüssigkeiten mit einander abhingen. Dasselbe gilt auch von Poggendorff's Versuchen[2], der ohne hinlänglichen Grund das allgemeine Resultat daraus ziehen zu können glaubte, „daſs wo Säure und Alkali zugleich vorhanden sind, erstere —, letzteres + sey, und daſs Säuren und Basen für sich allein + gegen Wasser erscheinen, ausgenommen bei Anwendung der Holzkohle zu den Ketten, wo sie differente Charaktere zeigen". Der el. Charakter, welchen Flüssigkeiten in solchen Ketten mit einander zeigen, rührt, wie schon mehrmals bemerkt worden, nicht ausschlieſsend von ihrer Wirkung auf einander her, sondern zugleich von der Wirkung der Metalle mit jeder derselben. Wollte aber Poggendorff durch jene Be-

1 G. XXI. 85.

2 Isis 1821. 1r Bd. S. 704.

stimmung nur die Erregung aussprechen, welche die Flüssigkeiten mit einander unter diesen besondern Umständen in der Kette zeigen, so führten die Versuche vielmehr auf das entgegengesetzte Resultat. Denn wenn eine Kette $\overline{C.f.df}$ oder $\overline{z.f.df.z}$, wo df die differente Flüssigkeit (Säure, Ammoniak, Salmiakauflösung) f aber reines Wasser anzeigt, das Aequivalent der Kette $\overline{Zf.C}$ ist, so ist klar, dafs in jenen Ketten der + (oder nach Franklin's Theorie der einseitige) el. Strom von fd nach f geht, folglich fd in Beziehung auf f sich negativ, f positiv verhält, da in der einfachen Kette von je zwei Körpern, die auf einander in Relation betrachtet werden, der empfangende oder derjenige, nach welchem der + Strom hingeht, als der positive, der abgebende als der negative zu betrachten ist, nach der Analogie des Verhaltens des Zinks mit dem Kupfer. Würde man mit aller Genauigkeit die Intensität der el. Erregung von fd mit C oder Z und von f mit C oder Z ausgemittelt haben, so liefse sich allerdings auf eine indirecte Weise auch die Art und Gröfse der el. Erregung zwischen fd und f finden. Denn man bezeichne die Totalerregung, wie sie in jenen Ketten statt findet, also die Strömung aufwärts durch +, und die in demselben Sinne zwischen je zwei Körpern in ihrer Berührung statt findende auch durch +, die im entgegengesetzten Sinne statt findende durch —, so ist klar, dafs + t (die Gröfse der Spannung der ungeschlossenen Kette am Condensator) = ist $\pm a + \pm x + \pm c$, wo a, x und c die einzelnen Spannungen zwischen cfd, f.d.f. und fc bezeichnen. Demnach ist die gesuchte, noch unbekannte, Spannung zwischen fd und f oder $\pm x = + t - \pm a - \pm b$. Die Schwierigkeit der Anwendung dieser Formel liegt indefs darin, dafs die el. Erregungen zwischen den trockenen und feuchten Erregern selbst noch nicht mit hinlänglicher Genauigkeit so wenig ihrer Art, als noch weniger ihrem Grade nach bestimmt sind, und dafs insbesondere der letzten Bestimmung fast unüberwindliche Schwierigkeiten entgegen stehen. Becquerel hat sich bemüht die Art der el. Erregung zwischen den Säuren und Laugensalzen zu bestimmen. Man nehme ihm zufolge zwei gleiche Porcellanschalen, bringe eine alkalische Lauge in die eine, und eine Säure in die andere, und verbinde beide mit einem Platin-

streifen. Taucht man nun in jede Schale eines der in Platin auslaufenden Enden des Multiplicators, so findet kein elektromagnetischer Effect statt, weil hier alle elektromotorische Einwirkungen der beiden Flüssigkeiten auf das Platin gegenseitig gehoben sind. Legt man nun auf den intermediären Platinstreifen einen befeuchteten Amianthstreifen, so hat man augenblicklich einen el. Strom, in welchem + E vom Alkali, —E aber von der Säure ausgeht, und diese ist allein von der chemischen Einwirkung der Säure auf das Alkali entstanden. Becquerel scheint mir hierbei in einen doppelten Irrthum gerathen zu seyn. Erstlich schreibt er irrigerweise der Wirkung der Säure auf das Alkali ausschliefslich zu, was eine combinirte Wirkung ist. Es wird zwar ohne Zweifel die Wirkung des Platins von beiden Seiten auf die Säure und das Alkali in Beziehung auf diejenigen Puncte der Säure und der alkalischen Flüssigkeit, welche mit dem Platinstreifen, aber keineswegs in Beziehung auf diejenigen Puncte dieser beiden Flüssigkeiten, die durch den Amianthstreifen mit einander in Gemeinschaft kommen, aufgehoben. Vielmehr mufs man nach strenger Analogie hier zwei Ketten annehmen: eine Kette dargestellt durch Platin, Säure, Wasser (des Amianthstreifens), alkalische Lösung, Platin, und eine Kette aus Platin, Säure, Platin, alkalische Lösung, Platin; letztere ist eine unwirksame, erstere eine wirksame, deren Wirksamkeit aber von den vereinigten elektromotorischen Wirkungen der drei Berührungsflächen (wenn nämlich hierbei vom Wasser abstrahirt wird) zwischen Platin und Säure, Säure und Alkali und Platin abhängt, so dafs also aus der Richtung des el. Stromes nicht ohne weiteres die el. Erregung zwischen Alkali und Säure abgeleitet werden kann. Zweitens scheint Becquerel auch darin zu irren, dafs er letztere als von der chemischen Action jener beiden Substanzen herrührend ansieht. Da nämlich dieser letztern doch immer die Berührung vorangeht, so könnte wenigstens durch diese allein schon, wie bei der Wechselwirkung der Metalle mit einander, der Grund der el. Erregung gegeben seyn. Wenn übrigens Becquerel das Resultat des beschriebenen Versuchs so ausdrückt, dafs die — E von der Säure, die + E vom Alkali ausgehe, so ist diese Beziehung mifsverständlich, wenn sie auf den Multiplicator bezogen wird, denn in Beziehung auf diesen ist jene Kette das Aequivalent einer Zink-Kupferkette nach

dem Schema f. Z C. f, so daſs die Säure das Zink, das Alkali das Kupfer vorstellt, und demnach wie vom Zinke aus der + Strom nach dem der Säure nächsten Ende des Multiplicators, der — Strom vom Alkali aus nach dem seinigen hingeht.

Adolph Walker zu Dresden scheint in dem gröſsten Umfange die schwierige Aufgabe, von der hier die Rede ist, gelöst zu haben, wenn man sein Verzeichniſs der vielen Flüssigkeiten betrachtet, deren relatives el. Verhalten, nach welchem sie mit einander + und — werden, nach Versuchen mit der Magnetnadel bestimmt ist [1]. Zu diesem Behuf füllte er den an dem einen Enddrahte des Multiplicators befestigten kleinen Platinlöffel mit einem der flüssigen Erreger, stellte dann ein 3½ Linien weites, unten mit einem umgebogenen Rande versehenes, mit Thierblase dicht verschlossenes Glasröhrchen, welches den andern flüssigen Erreger enthielt, in den Löffel, und um die Kette zu schlieſsen, berührte er die Flüssigkeit in dem Röhrchen mit dem andern Platinenddrahte des Multiplicators [2]. In andern Fällen wurde auch der kleinere Cylinder in einen etwas gröſseren gläsernen, mit der andern Flüssigkeit gefüllten, gestellt, und die Enddrähte wurden in den äuſseren und inneren Cylinder gesenkt. In noch anderen Fällen wurde die Verbindung der beiden Flüssigkeiten, die sich in zwei Glascylindern befanden, durch eine mit schwacher Kochsalzauflösung gefüllte heberförmige Glasröhre gemacht. Man übersieht leicht, daſs diese Versuche der Hauptsache nach ganz mit den von Poggendorff angestellten, bereits oben mitgetheilten, übereinstimmen, und daſs sie so wenig wie diese über das el. Verhalten der flüssigen Erreger an und für sich Auskunft geben, indem die el. Strömung, deren Richtung aus der Art der Ablenkung der Magnetnadel erkannt wird, eben so sehr von der verschiedenen el. Erregung des Platins mit den jedesmal angewandten Flüssigkeiten, als dieser unter einander, abhängt, wie schon daraus zur Genüge erhellet, daſs z. B. bei der Anwendung von verdünnter Schwefelsäure und einer Auflösung von Kupfervitriol, als flüssiger Erreger, der Strom eine entgegengesetzte Richtung nahm, wenn der Multiplicator statt durch Platin durch Kupfer mit diesen Flüssigkeiten in Gemeinschaft

1 Poggendorff's Annalen IV. 301.

2 a. a. O. S. 308.

gesetzt wurde, wonach dann auch die Flüssigkeiten in der Tabelle mit entgegengesetzten Zeichen hätten aufgeführt werden müssen, wenn gleich an und für sich ihre el. Erregung mit einander dieselbe unveränderte geblieben war. Walker hat nicht näher angegeben, nach welchem Principe er seine Bezeichnung von positiver und negativer Flüssigkeit gewählt habe, aus dem angeführten Versuche mit jener Kette aus Kupfer, verdünnter Schwefelsäure, Kupfervitriolauflösung, Kupfer, in welcher meinen Versuchen zufolge der (positive) el. Strom von der Schwefelsäure zum Kupfervitriol, dagegen bei Vertauschung des Kupfers mit Platin in entgegengesetzter Richtung geht, ist ersichtlich, daſs derselbe diejenige Flüssigkeit die negative nennt, welche von der andern positive E. empfängt, ein Sprachgebrauch, der wesentlich abweicht von demjenigen, nach welchem des Zink relativ gegen das Kupfer das positive Metall genannt wird, eben weil es von diesem positive E. erhält. In diesem Sinne verhielten sich nun auch concentrirtere Säuren negativ gegen verdünntere, dagegen concentrirte Alkalien positiv gegen verdünntere, z. B. eine concentrirte Kochsalzauflösung positiv gegen eine verdünntere. Laugensalze verhalten sich positiv gegen Säuren, und Salze aller Art, Salze mit alkalischer und erdiger Basis positiv gegen Salze mit metallischer Basis.

Bei diesem Mangel an directen Versuchen läſst sich also wenig über die Gesetze, welche die el. Erregung der Erreger der zweiten Classe unter einander ihrer Art und Intensität nach befolgt, sagen, namentlich muſs es für jetzt ganz unentschieden bleiben, ob sie unter sich eine ähnliche Spannungsreihe bilden, wie sie für die trockenen Erreger durch die Erfahrung erwiesen ist. Die von Dr. Heidmann aufgestellte Folgenreihe könnte zu einer solchen Vermuthung Veranlassung geben, sofern von drei flüssigen Erregern a, b, c, wenn a mit b, und b mit c positiv wird, a sich jedesmal auch mit c positiv verhält, indeſs ist jene Heidmann'sche Reihe kein reiner Ausdruck für das Verhalten der Flüssigkeiten unter einander, und die Thatsache, daſs es wirksame einfache Ketten und Säulen (selbst natürliche, wie die der Fische) aus bloſsen feuchten Erregern giebt, spricht gleichfalls gegen die Annahme einer solchen Spannungsreihe.

BB. Von der einfachen galvanischen Action in der geschlossenen Kette.

Geschlossene galvanische Ketten im Allgemeinen.

28. Wenn die nach dem Schema der Linie an einander gereihten galvanischen Erreger zur Figur geschlossen, d. h. wenn die beiden äufsersten oder Endglieder der linearen Aneinanderreihung unter einander in Berührung gesetzt werden, so bildet sich eine geschlossene galvanische Kette, bei welcher man den Augenblick der Schliefsung, die Dauer des Geschlossenseyns und den Augenblick der Trennung in Rücksicht auf die davon abhängigen Erscheinungen wohl zu unterscheiden hat. Durch diese Schliefsung tritt entweder eine Action ein, die vor der Schliefsung noch nicht vorhanden war, oder es verändert sich in dem früheren galvanischen Verhalten nichts, und das vorher bestandene Gleichgewicht der Kräfte, wie es in der Spannungssetzung sein Ziel erreicht hatte, behauptet sich. Darnach unterscheidet man *wirksame Kettenschliefsungen* und *wirksam geschlossene galvanische Ketten*, und *unwirksame Kettenschliefsungen* und *unwirksame geschlossene galvanische Ketten.*

29. Es lassen sich unendlich mannigfaltige geschlossene galvanische Ketten nach der grofsen Mannigfaltigkeit der Glieder, welche dieselben bilden können, so wie nach dem mannigfaltigen Wechsel in der Aneinanderreihung dieser Glieder denken. Ausgeschlossen aus der Zahl derselben sind vorerst alle diejenigen, in welche Nichterreger des Galvanismus, die auch zugleich Nichtleiter der E. sind, eingehen. Ketten, die durch solche Körper unterbrochen sind, sind als nicht geschlossen zu betrachten, und die Schliefsung durch die atmosphärische Luft, die die Endglieder jeder Kette, wie ausgedehnt sie auch sey, mit einander in Gemeinschaft bringt, ist aus diesem Grunde als keine eigentliche Schliefsung zu betrachten. Aber auch die aus lauter Erregern des Galvanismus zusammengesetzten geschlossenen galvanischen Ketten sind darum nicht alle wirksame Ketten, durch deren Schliefsung eine neue Action eingetreten wäre, vielmehr hängt diese Wirksamkeit wesentlich von der Zahl der Kettenglieder, ihrer sonstigen Beschaffenheit und ihrer Aufeinanderfolge ab. Mit Rücksicht auf den Einflufs die-

ser Bedingungen auf die Wirksamkeit und die Art der Wirksamkeit der geschlossenen galvanischen Ketten und um die große Mannigfaltigkeit der galvanischen Ketten unter gewisse Hauptclassen zu bringen, lassen sich folgende Eintheilungen derselben aufstellen.

I. Nach den beiden Classen, unter welche alle Erreger des Galvanismus gebracht worden sind, bestehen die Ketten:

a. bloſs aus trockenen Erregern oder Erregern der ersten Classe;

b. aus bloſsen feuchten Erregern oder der zweiten Classe;

c. aus Erregern beider Classen zugleich.

II. Nach Verschiedenheit der Zahl der Kettenglieder bestehen die galvanischen Ketten

a. bloſs aus zwei Kettengliedern, *zweigliedrige* Ketten;

b. aus drei Kettengliedern, *dreigliedrige* Ketten;

c. aus mehr als drei Gliedern, *mehrgliedrige* Ketten, mit Ausschluſs jedoch aller derjenigen, in welchen eine an sich schon wirksame Combination von Gliedern in derselben Art der Aufeinanderfolge wiederholt wird, da diese als *Ketten-Ketten* oder vielfache Ketten unter die Kategorie der *Volta'schen Säule* gehören.

III. Nach Verschiedenheit der Anordnung lassen sich die Ketten eintheilen:

a. in symmetrische oder in solche Ketten, welche sich in irgend zwei Puncten in zwei gleiche und ähnliche Hälften theilen lassen, so daſs die Kettenglieder in jeder Hälfte derselben von dem einen Theilungspuncte zum andern der Zahl, Beschaffenheit und Aufeinanderfolge nach dieselben sind, oder die Ketten auf diese Weise sich in zwei gleiche und ähnliche Hälften theilen lassen.

b. in unsymmetrische Ketten, bei denen eine solche Theilung nicht möglich ist.

30. Ueber die allgemeinsten Bedingungen der Wirksamkeit einer galvanischen Kette, nach welchen also auch zu beurtheilen ist, welche von den aufgezählten Hauptclassen von Ketten wirksame, welche unwirksame sind, haben sich die Bestimmungen und Ansichten im Laufe dieser Forschung allmälig geändert. Volta leitete aus seiner Theorie der Action in der einfachen Kette unmittelbar die Folgerung ab, daſs alle zweigliedrige Ketten unwirksame seyen, daſs ferner die Erre-

ger der ersten Classe, in welcher Zahl und Abwechslung bei gänzlichem Ausschluſs der Erreger der zweiten Classe sie auch zu Ketten mit einander verbunden seyn mögen, doch immer nur unwirksame Ketten geben. Dagegen räumte er ein, daſs es allerdings wirksame geschlossene Ketten aus bloſsen Erregern der zweiten Classe gebe, wenn die Zahl der Kettenglieder wenigstens drei betrage. Ritter hatte das Gemeinschaftliche aller wirksamen galvanischen Ketten oder das allgemeine Schema der einfachen galvanischen Action in Triplicität der Individuen und Duplicität der Classen (Erreger beider Classen mit einander verbunden) gesetzt. Wenn man den Begriff Erreger der zweiten Classe nicht in dem beschränkten Sinne nimmt, daſs man darunter bloſs die wässrigen Auflösungen oder die eigentlichen Flüssigkeiten versteht, so kann die letztere allgemeine Bedingung nicht als gültig zugegeben werden, da es unleugbar wirksame Ketten aus bloſsen Bildungstheilen organischer Körper giebt, die sämmtlich mit zu den Erregern der 2ten Classe gehören. Eben so wenig als Duplicität der Classen ist aber auch nach Volta und Ritter Triplicität der Individuen eine allgemeine Bedingung zur Wirksamkeit einer geschlossenen galvanischen Kette. Zwar sind in einer Menge von Fällen, wo man es bloſs mit zwei Individuen zu thun zu haben glaubt, wirklich drei Glieder vorhanden, indem ein als ein einzelnes Glied erscheinender Körper schon dadurch die Rolle von zwei Gliedern übernimmt, daſs seine verschiedenen Theile von einer sehr ungleichen Temperatur sind, oder die beiden Oberflächen, durch welche er mit dem andern Körper in der geschlossenen Kette in Wechselwirkung sich befindet, durch Glätte, Glanz u. d. g. von einander abweichen, zu geschweigen eine leicht zu übersehende oberflächliche Oxydation der einen Fläche des einen trockenen Erregers, in welchem Falle sogleich zwey Körper ein Oxyd und Metall an die Stelle eines einzelnen getreten sind (vgl. 22); aber auch dann, wenn in der ganzen Continuität eines Körpers vollkommene Gleichförmigkeit aller innern und äuſsern Eigenschaften statt findet, ist die bloſse Ungleichheit der beiden Flächen, mit welchen ein Erreger der ersten Classe mit einem Erreger der zweiten Classe in Berührung tritt, um mit demselben eine geschlossene Kette zu bilden, schon hinreichend, um jene merkwürdige Action zu veranlassen, welche die geschlossene galvanische Kette charakterisirt. Wenn über-

haupt aller Galvanismus, so weit wir ihn bis jetzt betrachtet haben, sich auf Elektricitätserregung zwischen den Körpern in der Berührung bis zu einem bestimmten Spannungsunterschiede für je zwei gegebene Körper beschränkt, so läfst sich hier zum Voraus als allgemeinste Bedingung einer unwirksamen Kettenschliefsung aufstellen, dafs so oft die zwei Endglieder einer zur Kette zu schliefsenden beliebigen Reihe von Körpern bereits in dieser Anordnung nach dem Schema der Linie den el. Spannungsunterschied besitzen, der bei ihrer unmittelbaren wechselseitigen Berührung, d. h. bei der Schliefsung zur Kette zwischen ihnen, so ferne sie blofs als galvanische auf einander wirkend betrachtet werden, einzutreten pflegt, keine neue Thätigkeit mit dieser Schliefsung eintritt, folglich auch die geschlossene Kette in dieser Hinsicht sich von der ungeschlossenen Kette nicht unterscheidet, und eine so gebildete Kette demnach eine unwirksame ist.

31. Was nun die im engern Sinne sogenannte galvanische *Action* selbst betrifft, auf deren Daseyn und Abwesenheit jene Eintheilung in wirksame und unwirksame Ketten beruht, und die jedesmal eintritt, wenn die Körper vor ihrer Berührung noch nicht in demjenigen el. Zustande sich befinden, den ihre galvanische Wechselwirkung fordert, so kann sie im allgemeinen als ein sich selbst immer wieder erneuender eigenthümlicher Procefs charakterisirt werden, durch welchen fortdauernd das Gleichgewicht der el. Kräfte gestört und immer wieder hergestellt wird, ein *lebendiger Procefs* von *Differenzirung* und *Indifferenzirung*, in welchen *alle Glieder der geschlossenen Kette* eingehen und sich wechselseitig zu derselben erregen, der sich aber nach der eigenthümlichen Beschaffenheit der Kettenglieder, und den besonderen Kräften und Fähigkeiten derselben, mit denen sie neben ihrer galvanischen Erregungskraft in denselben eingehen, in den verschiedenen Ketten noch durch besondere Erscheinungen und Veränderungen offenbart, aus welchen, da sie ein Product der Wechselwirkung jener besondern Kräfte und Tendenzen mit der eigentlichen galvanischen Action im engeren Sinne sind, diese selbst auf eine mittelbare und directe Weise bestimmbar ist, und da sie sich selbst gleichsam in das Innerste zurückziehend, mehr hypothetisch daraus erschlossen, als an und für sich unmittelbar erkannt werden kann.

32. Man kann auch jetzt noch nach den grofsen Fortschrit-

ten, welche die Lehre vom Galvanismus gemacht hat, jene Ketten, auf welche sich die Versuche in den ersten Jahren einschränkten, in welche nämlich thierische Theile als Kettenglieder eingehen, in besondere Betrachtung ziehen, da die unmittelbar in die Beobachtung fallenden Erscheinungen in diesen Ketten zunächst von den Lebenskräften dieser Theile abhängen mit welchen die galvanische Action im engeren Sinne in Wechselwirkung tritt, und daher auch in jener ersten Periode als von einer eigenthümlichen thierischen E. abhängend betrachtet wurden. Anders verhält es sich mit den Ketten, deren Glieder bloſs Körper aus der unorganischen Natur sind, und in welchen daher nur Erscheinungen vorkommen, welche auf die allgemeinen Naturkräfte zurückführbar sind. Da indeſs auch in jenen ersten Ketten die Erscheinungen dieser zweiten Hauptclasse von Ketten mit vorkommen müssen, und folglich die zweite Classe von Ketten aus bloſsen Gliedern der unorganischen Natur eben darum einfacher in ihren Erscheinungen sich darstellt, so wird am passendsten der Anfang mit einer nähern Betrachtung dieser Ketten und der Vorgänge in denselben gemacht werden können.

33. *Chemischer Proceſs in der galvanischen Kette.*

In allen geschlossenen wirksamen galvanischen Ketten, in welche Erreger der ersten und zweiten Classe zugleich als Kettenglieder eingehen, zeigt sich ein chemischer Proceſs thätig, der mit der Schlieſsung der Kette eintritt, während ihres Geschlossenseyns fortdauert, und im Wesentlichen in allen Ketten, in welchen er überhaupt vorkommen kann, denselben Charakter hat, wie mannigfaltig modificirt er auch nach der besondern Beschaffenheit der Kettenglieder in seiner äuſsern Erscheinung, insbesondere in seinen Producten, erscheinen mag, sofern er nämlich in allen Fällen durch das Wasser, als den gemeinschaftlichen Bestandtheil aller Erreger der zweiten Classe, welchem sie auch diese Eigenschaft verdanken, vermittelt wird, und in einer Zersetzung desselben besteht, deren Producte nicht in einem Puncte zusammen fallen, sondern an die in entgegengesetzter el. Erregung mit einander befindlichen Glieder der Kette vertheilt und im Raume aus einander gehalten sind.

A. Besteht die Kette aus zwei Erregern der ersten Classe und einem feuchten Leiter (einer Flüssigkeit), so sind es jedesmal die zwei Berührungsflächen jener mit dieser, oder die Gren-

zen zwischen ihnen, an welchen der chemische Procefs auftritt und zwar findet an der Grenze des positiven Erregers stets ein *Oxydationsprocefs* statt, oder der *Sauerstoff* des Wassers wird hier entbunden, und wirft sich auf den positiven Erreger, der dadurch oxydirt wird; an der Berührungsgrenze des negativen Erregers mit dem feuchten Leiter wird dagegen der *Wasserstoff* frei, und die allgemeine Form des hier auftretenden Processes ist die einer *Hydrogenation* oder *Desoxydation*. Sofern man nun die entgegengesetzten el. Zustände, die an den beiden trockenen Erregern in Folge ihrer galvanischen Einwirkung auf einander vorkommen, mit dem Namen el. Pole nicht unpassend bezeichnet hat, so wird nach der Art der Vertheilung der Producte des in der einfachen Kette wirksamen chemischen Processes der + Pol auch der *Sauerstoffpol* und der — Pol der *Hydrogenpol* genannt.

34. Dieser chemische Procefs modificirt sich auf die mannigfaltigste Art nach Verschiedenheit der Flüssigkeit, die sich zwischen den beiden trockenen Erregern befindet, so wie auch nach Verschiedenheit dieser selbst, sowohl dem Grade als der Art nach. Die Stärke dieses chemischen Processes, für welche theils die Menge der Producte desselben in einer gegebenen Zeit, theils der Widerstand der Verwandtschaft, welcher in einzelnen Fällen überwunden wird, ein Mafs abgeben, hängt von drei Umständen ab.

a. von der Beschaffenheit des feuchten Erregers (Zwischenleiters);

b. von der Gröfse der Berührungsfläche zwischen denselben und den trockenen Erregern insbesondere im Verhältnisse gegen einander betrachtet;

c. von dem galvanisch-elektrischen Verhältnisse der trockenen Erreger gegen einander.

a. Was der Einflufs der *Beschaffenheit des feuchten Leiters* betrifft, so gilt im Allgemeinen der Satz, dafs der chemische Procefs sich um so lebhafter zeigt, ein je besserer Leiter der E. der feuchte Leiter ist, und je lebhafter der chemische Procefs ist, den derselbe auch aufserhalb der Kette mit einem der Erreger schon für sich eingeht, sofern derselbe mit demjenigen, der in der Kette selbst an ihm eintritt, zusammenfällt. Ritter hat die grofse Wirksamkeit solcher Ketten, deren feuchtes Zwischenglied schon an und für sich eine starke chemische Action

ausübt, durch auffallende Beispiele belegt[1]. Einen sehr überraschenden Versuch dieser Art kann man am besten so anstellen, dafs man auf dem Boden eines Glases mit mehreren Unzen concentrirter Salzsäure etwa einen Doppel-Louisdor legt, dann eine Zinkstange durch die Salzsäure dem Golde nähert, und endlich damit in Berührung bringt. So lange Zink und Gold sich noch nicht berühren, bleibt letzteres ganz ruhig und ersteres blofs giebt während seiner beginnenden Auflösung dieselbe Menge Hydrogengas, die es auch ohne die Gegenwart jenes Goldes in dieser Säure gegeben haben würde. Sobald man aber beide Metalle mit einander in Berührung bringt, erhebt sich auch vom Golde, ohne dafs es dabei im mindesten angegriffen wird, ein ungeheurer Strom von Wasserstoffgas in grofsen Blasen. Nach Ritter soll unter diesen Umständen vom Golde aus eine Gasentbindung statt finden, wie man sie bei keiner Säule selbst von 1000 und 2000 Lagen, wenn sie auf die gewöhnliche Art mit Kochsalzauflösung gebaut ist, an irgend einem Drahte sehe, und nur die Gasentbindung einer Säule von 2000 Lagen, die mit concentrirter kalter Salmiakauflösung gebaut ist, übertreffe sie in der ersten Zeit ihrer Wirksamkeit. Dieselben Phänomene zeigen sich in einem etwas schwächeren Grade in der Salpetersäure, wo sich jedoch statt des Hydrogens Salpetergas entbindet, und in verdünnter Schwefelsäure. In einer Auflösung von gereinigter Pottasche in gleich vielem Wasser geben Zink und Platin für sich in Zeit von einigen Minuten nichts Bemerkliches von Gas, bei ihrer Berührung unter der Auflösung aber oxydirt sich das Zink, und das Platin wird allseits mit Gas überzogen. Bringt man in mäfsig starke Salzsäure Stanniol, und berührt dieses mit Platin, so giebt das Stanniol kein Gas, sondern oxydirt sich blofs, das Platin aber giebt blofs Gas. Berührt man aber das Stanniol statt mit Platin mit Zink, so giebt das Stanniol Gas ohne Oxydation, welche sich jetzt vielmehr auf das Zink wirft, und zu derjenigen ohne Kette addirt. Silber mit Gold oder Platin unter Salzsäure zusammengebracht giebt keine bemerkliche Spur von Wirkung, unter Salpetersäure aber sogleich und sehr viel. Das Blei und Platin, Eisen und Platin unter Salzsäure, geben wenig, unter Salpetersäure aber mehr und viel[2].

1 Dessen el. System S. 5 ff.
2 a. a. O. S. 5—18.

b. Das zweite Moment, was auf die Lebhaftigkeit des chemischen Processes Einfluſs hat, ist der *Grad der el. Erregung*, welche die trockenen Erreger sowohl unter sich als mit den flüssigen eingehen. Im Allgemeinen ist unter übrigens sonst gleich günstigen Umständen der Proceſs um so lebhafter, je weiter die trockenen Erreger in der Spannungsreihe aus einander stehen, oder je gröſser die el. Spannung ist, die sie mit einander setzen. So sind Ketten, in welchen Zink als das eine Metall eingeht, mit allen übrigen Metallen wirksamer, als aus diesen selbst gebildete, und die fünf Metalle: Platin, Gold, Silber, Kupfer und Stanniol geben mit dem Zinke in dieser Ordnung, in welcher auch ihr Spannungsunterschied mit diesem Metalle abnimmt, unter Salzsäure abnehmende Wirkungen. Indeſs giebt es doch auch Ausnahmen von dieser Regel, die, verbunden mit den bereits angeführten Erscheinungen beweisen, daſs das besondere Verhältniſs der Flüssigkeiten gegen die Erreger der ersten Classe die Wirkung wesentlich mit bestimmt. So fand RITTER [1], das ein Amalgam aus zwei Theilen Quecksilber und einem Theile Zink mit Platin und andern Metallen in Salzsäure weit weniger Action gab, als Zink mit Platin, ungeachtet jenes Amalgam in der Spannungsreihe der Erreger der ersten Classe entfernter vom Platin und andern Metallen als das Zink steht, indem es mit diesem selbst positiv wird. So verhielten sich auch andere an Positivität das Zink weit übertreffende Amalgame, unter andern das Kienmayer'sche aus 2 Theilen Quecksilber, einem Theile Zink und einem Theile Zinn. Ja sogar als ein Amalgam aus drei Theilen Quecksilber, einem Theile Zink, einem Theile Zinn und einem Theile Blei mit Zink unter derselben Säure zusammengebracht war, wurde bei der Berührung beider mit einander die Oxydation und Gasentwickelung, die auch ohne Ketten bei beiden (doch beim Zinke mehr als beim Amalgam) statt hatte, nicht am Zinke, sondern am Amalgame schwächer, also an letzterem der Oxydationsproceſs durch das an ihm auftretende Hydrogen geschwächt. Und doch gab dieses Amalgam mit Platin mehr Action als das Kienmayer'sche, ganz wieder der Spannungsreihe jener Amalgame unter sich gemäſs, da jenes mit dem letzteren positiv wird.

c. Die Stärke des chemischen Processes wird endlich auch

1 El. System S. 6.

durch die *relative Gröfse der Oberflächen* bestimmt, in welcher die beiden Erreger der ersten Classe mit der Flüssigkeit und unter sich in Berührung kommen. Hierbei verdient nun das ganz verschiedene Verhalten der beiden trockenen Erreger, was den Einflufs der Gröfse ihrer respectiven Berührungsfläche mit dem flüssigen Leiter, so wie denjenigen ihrer Berührungsfläche unter einander, verglichen mit derjenigen mit dem flüssigen Leiter betrifft, eine besondere Aufmerksamkeit. In ersterer Hinsicht zeigt nämlich der negative Erreger ein ganz anderes Verhalten, wie der positive und zwar ist dieses abweichende Verhältnifs zuerst bei Gelegenheit der interessanten von Schweigger angegebenen galvanischen Combinationen von Ritter erkannt, und von Schweigger zur Verstärkung der Wirkung der Volta'schen Säulen benutzt worden [1]. Bei der Combination von Zink und Kupfer z. B. ist ein Stück Zink fähig, sehr viel Kupfer iu Action zu versetzen, diese wächst bis zu einer gewissen Grenze mit jedem neuen Kupferbleche, das in der Flüssigkeit mit dem Zinke in Berührung gesetzt wird, aber nicht so umgekehrt, vielmehr nimmt bei unverändert bleibender Gröfse der Berührungsfläche des Kupfers mit der Flüssigkeit und bei der Vergröfserung der mit der Flüssigkeit in Berührung befindlichen Zinkfläche die chemische Action, so weit sie galvanisch bedingt ist, und sich also namentlich durch Entwickelung von Hydrogengas am Kupfer kund thut, ab, und kann sogar ganz auf Null herabsinken. Dieses gilt auch zwischen je zwei andern Metallen auf gleiche Weise für das negative in Beziehung auf das positive. So fand Ritter bei der Verbindung von Zinkdrähten mit Platindrähten unter Säuren, dafs, ungeachtet die Zinkdrähte dünne waren, die Gasentbindung am Platindrahte kaum merklich wuchs, wenn man noch einen zweiten, dritten mit ihm verbundenen Zinkdraht in die Säure brachte, während bei dem einen Zinkdrahte, wenn noch ein zweiter, dritter, vierter Platindraht u. s. f. mit ihm in der Säure verbunden wurde, jeder neue beinahe so viel Gas als der vorige gab, und man konnte lange fortfahren, bis der Unterschied merklich wurde. Diese Eigenschaft des positiven Metalls, eine verhältnifsmäfsig weit gröfsere Masse des negativen in galvanische Thätigkeit zu versetzen, die an diesem in einem

1 Galvanische Combinationen in Gehlen's Journ. VII. 537.

Hydrogenations, oder überhaupt in einem der Oxydation entgegengesetzten, diesen beschränkenden Processe besteht, hat Davy[1] neuerlich auf eine sehr sinnreiche Weise zur Sicherung des Kupferbeschlags der Schiffe gegen Oxydation in Vorschlag gebracht. Um nämlich die Bildung des basischen salzsauren Kupfers zu verhüten, wodurch das Seewasser den Kupferbeschlag der Schiffe allmählig zerstört, kam es nur darauf an, das Kupfer in einem permament — el. Zustand durch den Contact mit einem andern positiven Metalle zu versetzen, und es zeigte sich, daſs schon durch Berührung mit einem Zinnstreifen, der bloſs $\frac{1}{100}$ von der Oberfläche des Kupfers beträgt, sofern er mit demselben in die geschlossene galvanische Kette eintritt, die beabsichtigte Wirkung erreicht wird. Auch andere gegen Kupfer positive Metalle, wie Zink und Blei können angewandt werden, aber Zinn ist vorzuziehen, weil es durch Löthung in vollkommenen Contact mit dem Kupfer gebracht, und *das basische* salzsaure Salz (das Zinnsalz) leichter von ihm ge*trennt* werden kann. Die Versuche wurden mit Bändern von Zinn gemacht, und es zeigte sich, daſs solch ein Band von Substanz gleich $\frac{1}{300}$ des Kupfers die Zerstörung des letzteren wirklich verhinderte. Davy vermuthete auch, daſs diese Methode, abgesehen davon, daſs sie die Oxydation beseitigt, auch das Anhängen der Vegetabilien und Seethiere an den Schiffsbeschlag verhindern werde. Die Versuche hierüber sind auch wirklich auf Befehl der Admiralität im Groſsen ausgeführt worden, und es hat sich der eine Erfolg, nämlich Beseitigung der Oxydation, vollkommen bestätigt gefunden, dagegen ist die andere Erwartung Davy's nicht eingetroffen, im Gegentheile fand sich, daſs die Vegetabilien und Seethiere sich in weit gröſserer Menge an den Schiffsbeschlag angelegt hatten, wodurch das Schiff in seinem Laufe sehr gehemmt wurde, und dieses Nachtheils wegen ist die Anwendung jenes Mittels wieder aufgegeben worden.

Bei diesem so verschiedenen Verhältnisse der beiden Erreger der ersten Classe, kommt es indeſs wesentlich nur auf die Gröſse der Berührungsfläche und nicht auf die Masse an, so daſs der negative Erreger bei gleicher Oberfläche, die mit dem flüssigen Leiter in Berührung tritt, wie verschieden auch die

1 Schweigg. N. R. XI. 444.

Masse desselben seyn mag, den gleich lebhaften Procefs begründet, also z. B. in Form eines ausgehöhlten Cylinders eben so wirksam ist, als wenn derselbe von dem gleichen Metalle ganz solid angewandt wird.

Noch äufsert die Gröfse des Zwischenraumes zwischen den trockenen Erregern oder die Dicke der Schicht der Flüssigkeit, die sich zwischen denselben befindet, einen bedeutenden Einflufs auf die Lebhaftigkeit des chemischen Processes, und zwar gilt das allgemeine Gesetz, dafs unter übrigens gleichen Umständen der Procefs um so lebhafter ist, je kleiner der Zwischenraum oder je dünner die Schicht des flüssigen Leiters, bei übrigens gleichmäfsig bleibender Breitenausdehnung desselben ist. Auch steht bei gleicher Länge des Zwischenraumes und bei gleicher Berührungsfläche der trockenen Erreger mit der Flüssigkeit die Stärke des chemischen Processes in geradem Verhältnisse mit der Gröfse der Berührungsfläche der einzelnen Schichten jener letzteren unter einander selbst. Die Gröfse der Berührungsfläche der trockenen Erreger unter einander selbst ist dagegen ohne bemerkbaren Einflufs auf die Stärke des chemischen Processes, und die kleinst mögliche Berührung derselben unter einander gleichsam nur in einem Puncte scheint für jede Verstärkung der Wirkung durch Vermehrung der Berührungsflächen mit der Flüssigkeit auszureichen, wenigstens bis zu einer Grenze, die in den gewöhnlichen Versuchen nicht überschritten wird.

34. *Metall-Vegetationen.*

Der chemische Procefs in dieser dreigliedrigen Kette aus zwei trockenen und einem feuchten Erreger modificirt sich besonders noch der *Art* nach gemäfs der Verschiedenheit der letzteren. Zwar findet in allen Fällen Zersetzung des Wassers als gemeinschaftlichen Bestandtheils aller feuchten Erreger statt, aber auch die anderweitigen Elemente derselben greifen in den Procefs mit ein, und indem sie theils durch die galvanische Action an und für sich, theils durch die Wechselwirkung mit den Bestandtheilen des zersetzten Wassers von einander getrennt werden und in neue Verbindungen eingehen, treten sie im Raume verschieden, in mannigfaltiger Gestalt auf. Man kann in dieser Hinsicht den allgemeinen Satz aufstellen, dafs ein jeder zusammengesetzter Körper, der im Wasser aufgelöst an dem Processe mit Theil nimmt, sofern er durch die Action

der Kette zersetzt wird, in allen Fällen in zwei Bestandtheile zerlegt wird, die in Beziehung auf einander in einem ähnlichen Verhältnisse oder Gegensatze stehen, indem der eine von ihnen, wie der Sauerstoff, von dem positiven, der andere von dem negativen Erreger angezogen wird und an diesem auftritt. Es gilt in dieser Hinsicht ein ähnliches allgemeines Gesetz, wie dasjenige, auf welchem die Spannungsreihe der trockenen Erreger beruht, dafs nämlich alle Körper sich in eine Reihe ordnen lassen, nach welcher zum Voraus das Verhalten je zweier Körper, die aus ihrer Verbindung mit einander durch die galvanische Action abgetrennt werden können, sich bestimmen läfst, nämlich welcher von ihnen am +, welcher am — Pole auftreten werde, wobei dasselbe Gesetz wie bei den Metallen gilt, dafs, wenn ein Körper a gegen einen Körper b sich positiv verhält, d. h. vom — Pole angezogen wird, während b sich nach dem + Pole begiebt, und darum den Namen des negativen erhält, er auch mit allen Körpern c, d, e, f u. s. w., gegen welche b seinerseits sich positiv verhält, den gleichen Charakter zeigen werde. So weit die zerlegenden Versuche in der einfachen Kette gehen, folgen die einfachen Grundstoffe von dem negativsten ausgegangen, in folgender Ordnung: Sauerstoff, Chlor, Jod, Stickstoff, Schwefel, Selen, Phosphor, die Metalle, Wasserstoff, und von den bereits zusammengesetzten Körpern, die als solche aus einer Verbindung der zweiten und dritten Ordnung abgetrennt werden, sind die Säuren die am meisten negativen, dann die Erden, und die positiven sind die Laugensalze. Zur Erläuterung dieses Verhaltens dienen folgende Versuche. Bedient man sich einer Zink-Gold oder Zink-Platinkette unter der *Salpetersäure,* so entwickelt sich am negativen Metalle nicht blofs Wasserstoffgas, sondern auch Stickgas, während das Zink sich oxydirt; dient dagegen *Ammoniak* als flüssiger Leiter, so tritt am — Pole blofs Wasserstoffgas, am + Pole dagegen neben dem Sauerstoffgase auch Stickgas hervor. Wird *Schwefelsäure* als flüssiger Leiter gebraucht, so entwickelt sich Schwefelwasserstoffgas am negativen Metalle. *Oxychlorsäure* giebt Chlor am negativen Metalle, das zugleich aufgelöst wird, *Hydrochlorsäure* dagegen das Chlor am positiven Metalle, während Wasserstoffgas sich am negativen Metalle entwickelt; eben so *Hydrojodsäure* Jod am positiven Metalle, Wasserstoff am negativen. Der Sauerstoff

verbindet sich gewöhnlich mit den positiven Metallen, und wenn eine Säure als Flüssigkeit dient, so löst sich das Oxyd in der Säure auf, dagegen behält das negative Metall seinen Metallglanz unverändert, und erhält ihn sogar wieder, wenn es ihn durch eine oberflächliche Oxydation verloren hatte. Wendet man aber als negatives Glied der Kette das krystallisirte Graubraunsteinerz mit Zink unter Schwefelsäure oder Salzsäure an, so giebt ersteres kein Gas, sondern verliert seinen Glanz, wird blind, und nimmt an Gewicht ab, eine Wirkung, die vom Wasserstoffe abhängt, der sich mit seinem Sauerstoffe verbindet[1].

Die desoxydirende Wirkung des am negativen Metalle auftretenden Wasserstoffs zeigt sich auf eine besonders interessante und merkwürdige Weise durch die *Metallvegetationen*, welche man auf galvanische Weise aus Auflösungen von Metallsalzen, die als flüssiger Erreger dienen, darstellen kann. Charles Sylvester[2] war der Erste, der im Jahre 1806 auf diese Metallvegetationen aufmerksam machte, die durch Metalle, welche an und für sich durch einen einfachen chemischen Procefs solche Reductionen nicht zu bewirken im Stande sind, hervorgebracht werden. Er überzog die eine Hälfte einer Glasplatte mit salpetersaurer Silberauflösung, die andere mit verdünnter Salzsäure, so dafs beide sich berührten, legte in erstere das Ende eines Platindrahtes, in die andere das Ende eines Zinkdrahtes und brachte die beiden andern Enden auf dem Tische mit einander in Berührung, sogleich wuchs von der Spitze des Platindrahtes aus ein schöner Silberbaum. Dieses hörte sogleich auf, als beide Drähte getrennt wurden. Eine andere von ihm befolgte Methode diesen Versuch anzustellen, welche auf mannigfaltige Weise benutzt werden kann, bestand darin, dafs er eine an beiden Enden offene, unten mit Blase überbundene Glasröhre, mit essigsaurer Bleiauflösung füllte und die obere Oeffnung mit einem Korke verschlofs, durch welchen ein Platindraht (statt dessen man auch einen Silberdraht oder ein Silberblech nehmen kann) in die Flüssigkeit hineingetaucht war. Diese Röhre hing er aufrecht mit dem untern Ende in verdünnte Salzsäure, welche sich in einem Gefäfse mit Zink befand. So

1 Ritter's el. System S. 10.

2 G. XXV. 454. auch Gehlen's Journ. d. Phys. u. Chem. I. 539.

lange der Platindraht mit dem Zink des Gefäfses aufser Berührung war, zeigte sich in der Röhre keine Veränderung, sobald er aber an das Zink befestigt wurde, begann regulinisches Blei um die Platinspitze zum Vorschein zu kommen. War die Röhre mit verdünnter Salzsäure gefüllt, so gab der Platindraht Wasserstoffgas her. In diesem Versuche hemmt zwar die wohl umgebundene und mit ihrem Rande aus der Flüssigkeit hervorragende Blase die Vermischung der beiden Flüssigkeiten mit einander in Masse, aber die Wasserzersetzung und die Ueberführung der kleinsten Theilchen, in welche die Körper getrennt werden, wird dadurch nicht verhindert. Funfzehn Jahre nachher[1] hat J. W. Döbereiner diese Vorrichtung mit einigen kleinen Abänderungen wieder beschrieben, und sie empfohlen, um sich reines Wasserstoffgas zu bereiten, Kobalt, Nickel u. s. w. aus ihren Auflösungen metallisch zu reduciren. a a ist ein Glascylinder von 1,5 bis 2 Z. Höhe, 7 bis 9 Lin. Weite mit Salmiakauflösung gefüllt, b b eine mit Blase unten verschlossene Glasröhre 3 bis 4 Z. hoch, 4 bis 5 Lin. weit, in welche die Metallauflösung wie z. B. von Nickel oder Kobalt gegossen wird, c ist ein Stück Zink, womit ein Platindraht oder Silberstreifen d durch Umwickelung mit einem Drahte genau verbunden und durch Umbiegung in die Glasröhre b eingetaucht wird. Zur Bereitung von reinem Wasserstoffgas wird die Röhre b gänzlich mit Salzsäure oder verdünnter Schwefelsäure gefüllt und oben mit einem Korke verschlossen, durch welchen einerseits die Silber- oder Platinstreifen und andererseits eine kleine zweimal gebogene Glasröhre, beide luftdicht, hindurchgesteckt werden, durch welche letztere das reichlich von der Oberfläche des Metalls sich entwickelnde Wasserstoffgas entweicht und unter einer kleinen Glocke aufgefangen werden kann. Will man Kobalt oder Nickel aus ihren Auflösungen reduciren, so darf man in die äufsere Röhre keine Salmiakauflösung giefsen, weil sich sonst in Folge der Ueberführung des Ammoniaks durch die Blase in den innern Cylinder dreifache Salze bilden, die nicht leicht reducirt werden, sondern Salzsäure und salzsauren Kalk. Fig. 83.

Mit den auf die angezeigte Weise erhaltenen Metallvegetationen stellte auch bereits Sylvester die schon längst bekannten, auf sogenanntem chemischen Wege erhaltenen Metallve-

1 G. LXVIII. 84.

getationen, den Bleibaum, Dianenbaum, Zinnbaum u. s. w. zusammen, und zeigte, dafs auch ihr Wachsthum auf galvanische Weise durch eine Kette der ersten Art vor sich gehe. Er bemerkte nämlich, dafs, wenn er auf eine Glasplatte etwas salpetersaure Silberauflösung gofs und ein Stückchen Zinkdraht in die Mitte derselben legte, in kurzer Zeit ein schöner Silberbaum erschien, als wüchse er aus dem Drahte heraus, wo sich dann bei genauer Beobachtung mit dem Mikroskope zeigte, dafs die Ramificationen des Silbers an ihrem äufsersten Ende am weitesten von dem Zinke ab durch allmälige Reduction des Silbers anwuchsen, zum offenbaren Beweise, dafs das Silberoxyd nicht durch eine unmittelbare Wechselwirkung zwischen diesem und dem Zinke reducirt wird, sondern durch etwas, was an dem Puncte, wo das Anwachsen vor sich geht, wirksam ist, kurz nach dem Schema einer einfachen galvanischen Kette, deren negatives Glied, das bereits reducirte Silber, durch den Wasserstoff, der an demselben auftritt, das Silberoxyd zum Metall reducirt, das nach den Gesetzen der Krystallisation an das bereits vorhandene Silber sich anlegt, während zugleich das Zink als das positive Glied durch den an ihm auftretenden Sauerstoff oxydirt wird, und sich in der Säure auflöst, die von Silberoxyd befreit ist. Den vollständigsten Beweis für die Richtigkeit dieser Ansicht lieferte beinahe zu gleicher Zeit und wie es scheint unabhängig von Sylvester, Theodor von Grotthuss durch eine Reihe sinnreicher Versuche[1]. In allen diesen Metallreductionen, die durch ein, verglichen mit dem zu reducirenden Metalle, mehr el. positives Metall, wie insbesondere durch Zink oder Zinn, aber auch, wie der Dianenbaum, durch Quecksilber oder Kupfer hervorgebracht werden können, ist allerdings im ersten Augenblicke keine solche dreigliedrige galvanische Kette, wie wir sie hier betrachten, wirksam, und man kann den ersten Anfang der Reduction als nach gewöhnlichen chemischen Gesetzen in Folge der stärkeren Anziehung des reducirenden Metalls zum Sauerstoff des aufgelösten Metalls erfolgend betrachten, sobald aber die ersten Blättchen des reducirten und relativ negativen Metalls sich angelegt haben, ist auch

1 Annales de Chimie LXIII. übersetzt im Journal d. Ch. u. Ph. v. Gehlen V. 118. Vergl. auch Th. v. Grotthuss physisch-chemische Forschungen. Nürnberg 1820. S. 126.

sogleich eine geschlossene galvanische Kette von zwei Metallen und der Metallauflösung thätig, und die weitere Reduction geschieht dann durchaus auf galvanische Weise, wie der Umstand am deutlichsten beweiset, daſs die neuen Krystalle des reducirten Metalls (die gewöhnlich als Blättchen oder Spieſschen erscheinen) sich stets an die Enden der bereits vorhandenen Blättchen anlegen. Grotthuss bewies durch genaue Beobachtung, daſs dieses Fortwachsen auf die angezeigte Art und nicht etwa durch ein Fortschieben der bereits gebildeten Blättchen durch andere, die sich immer wieder von neuem an das Zink anlegen, erfolge. Wenn daher der Bleibaum vom Zinke losgetrennt wird, so wächst er seinerseits nicht weiter, weil er dann nicht weiter mehr ein Glied der galvanischen Kette bildet. Besonders entscheidend für diese Erklärung war der Versuch, in welchem Grotthuss salpetersaure Silberauflösung über salpetersaure Kupferauflösung und einen Kupferdraht in erstere brachte; es bildete sich ein Silberbaum, und da dieser nachher an die Grenze der Kupferauflösung kam, so wuchs er als Kupfervegetation fort.

Gegen diese so wohl begründete Theorie der Metallvegetationen hat N. W. Fischer[1] einige erhebliche Einwürfe gemacht. Er behauptet, die Reduction gehe nur vor sich, wenn das mehr positive Metall in unmittelbarer Berührung mit der Metallauflösung sey, aus welcher das andere Metall reducirt werden soll, höre aber sogleich auf, wenn diese Berührung unterbrochen werde; es spreche ferner gegen die gegebene Erklärung der von ihm angestellte Versuch, daſs eine Zinkstange mit einem daran befestigten Bleiblättchen keine Reduction in einer Bleiauflösung bewirke, wenn auch das Bleiblättchen in dieselbe hineinrage, dagegen die Zinkstange auſser Berührung mit derselben sey, eben so der Versuch, daſs bei sorgfältiger Uebereinanderschichtung einer Kupferauflösung über eine Auflösung von essigsaurem Blei, das Kupfer, welches durch Blei aus ersterer niedergeschlagen worden sey, bei der Berührung der Bleiauflösung das Blei nicht daraus fälle, daſs ferner eine Kette aus zwei Metallen und einer Metallauflösung nur die Reduction bewirke, wie das positive Metall auch schon für sich

1 Kritische Untersuchung einiger Erscheinungen u. s. w. im XXI. Bande der Denkschriften der Berl. Akad. der Wissenschaften 1816 und im Auszuge in G. LXXII. 289.

allein, auf rein chemische Weise das aufgelöste Metall wider herstelle, wie dann aus einer Bleizuckerauflösung durch eine Kette von Blei und Platin das Blei nicht reducirt werde, die doch wenigstens eben so wirksam sey, als eine Kette von Zink und Blei; eben so wenig durch eine Kette von Eisen und Platin, sondern dafs Zink dazu erforderlich sey; dafs ferner auch die Auflösungen der Metallsalze in Weingeist, namentlich der Kupfer- und Silbersalze, auf ähnliche Weise reducirt werden, wo doch die Erklärung durch eine Wasserzersetzung und den am — Pole auftretenden Wasserstoff nicht anwendbar sey, und dafs die Reduction des Bleies aus einer Auflösung des Bleizuckers in Weingeist durch Zink wohl nur darum ausbleibe, weil das essigsaure Zink in Weingeist nicht auflöslich sey.

Abgesehen davon, dafs schon die Art des Fortwachsens des Silberbaumes, Bleibaumes auf keine andere als galvanische Weise begreiflich, und die von Fischer versuchte Erklärung, als wenn doch das Blei stets unmittelbar am Zinke niedergeschlagen werde, sich aber auf Unkosten eines angrenzenden Theilchens von Bleioxyd von neuem wieder auflöse, bis zu jenen Bleitheilchen hin, das sich irgendwo an das Ende des bereits gebildeten Bleibaums wegen der Cohäsions-Anziehung anhänge, ganz willkürlich ist, so hat Heinrich Rose die Unrichtigkeit aller jener Behauptungen Fischer's gründlich nachgewiesen, und durch neue Versuche die Sylvester-Grotthussische Erklärung ferner bestätigt[1]. Er liefs durch eine Zinkstange in einer Bleizuckerauflösung, die in einer einen halben Zoll weiten, unten geschlossenen, Glasröhre sich befand, einen Bleibaum von oben nach unten wachsen, und nachdem dieser vom Ende der Zinkstange aus gerechnet einen Zoll gewachsen war, liefs er einen Tropfen einer concentrirten Glaubersalzauflösung neben der Vegetation hinablaufen; man konnte durch den Faden, den er bildete, deutlich das Hinabsinken bemerken, doch nicht eher, als bis er das Ende der Vegetation erreicht hatte, verwandelte er sich plötzlich in ein weifses Wölkchen. Auch wurde der Versuch so angestellt, dafs das Zink auf den Boden einer unten mit einem Korke verschlossenen Glasröhre gebracht wurde, in welcher sich eine Bleizuckerauflösung befand. Wurde nun, nachdem die Vegetation eine

1 Th. v. Grotthuss physisch-chemische Forschungen S. 139.

Zeitlang von unten nach oben gewachsen war, die Flüssigkeit unterhalb mit Sorgfalt, so weit die Höhe der Vegetation reichte, abgelassen, so fand sich bei der Prüfung mit Glaubersalz nichts von Blei darin. Er brachte ferner in einer engen Glasröhre über eine Bleiauflösung eine Auflösung von essigsaurem Zink mit aller Vorsicht die Vermischung zu vermeiden, und dann einen Zinkcylinder mit einem Bleistreifchen, so daſs ersterer noch einige Zolle von der Bleiauflösung entfernt blieb; die Reduction fand in diesem Falle nur an der Bleispitze statt, und in vielen Tagen keine am Zinke, doch war diese Reduction des Bleies nur sehr sparsam und erfolgte erst nach längerer Zeit, sie war sogar noch viel geringer, wenn der Bleistreifen nicht bloſs einige Linien herab, sondern bis auf den Boden der Flüssigkeit reichte, sie erfolgte dann nur an der Grenze beider Flüssigkeiten, und war nicht stärker, als wenn ein Bleistreifen auch für sich allein durch beide über einander geschichtete Flüssigkeiten gesteckt worden wäre. Es scheint in diesem Falle die Wirkung der einen Kette aus Zink, Blei und den beiden Flüssigkeiten durch eine entgegengesetzte Wirkung einer andern Kette, welche durch das Blei mit den beiden Flüssigkeiten gebildet wurde, beschränkt worden zu seyn, doch spricht immer noch die auch noch so geringe Reduction des Bleies an der Spitze des Bleistreifens gegen Fischer. Wurde dagegen die Bleizuckerauflösung in einem unten mit Blase zugebundenen Glascylinder gegossen, und dieser in eine Schale gesetzt, worin sich eine Glaubersalzauflösung befand, in welcher ein Stück regulinisches Zink lag, mit einem Bleistreifen, noch besser einem Silber- oder Platindrahte verbunden, welcher umgebogen in das Glas mit der Bleizuckerauflösung hineintauchte, so erfolgte die schönste Bleivegatation. Selbst eine Kette aus Eisen und Silberdraht brachte bei derselben Vorrichtung einen schönen Bleibaum am Silberdrahte hervor. Daſs beim Eintauchen einer Zinkstange, an welcher sich ein Bleistreifen, oder selbst ein Gold- oder Silberstreifen befindet, in eine Bleiauflösung, keine merkliche Reduction des Bleies am negativen Metalle erfolgt, erklärt sich zur Genüge daraus, daſs sich sogleich auf gewöhnliche Weise Blei am Zinke niederschlägt, das dann allerdings eine wirksamere galvanische Kette wegen des geringeren Zwischenraumes der Flüssigkeit von diesem Blei zum Zinke bildet, als jene erstere ist, und somit an sich die weitere Reduction auf galvanischem Wege unterhält.

Man kann durch solche einfache galvanische Ketten die kleinsten Spuren von *weifsem Arsenik* in einer Auflösung entdecken, wozu am besten die oben beschriebene Vorrichtung mit der Blase dient. Zum negativen Metalle nimmt man dann am besten einen Golddraht, der sich, wenn die Auflösung auch höchstens nur $\frac{1}{20}$ Gran weifsen Arsenik enthält, nach einigen Stunden mit einer schwarzen Haut überzieht, die unter einem deutlichen Knoblauchgeruche über einer Lichtflamme sich wieder verflüchtigen läfst; eben so läfst sich die kleinste Spur von Kupfer in einer Flüssigkeit entdecken, indem man in den einen Schenkel einer zweischenkelichen Glasröhre die zu prüfende Flüssigkeit, und in den andern mit hinlänglicher Vorsicht, um die Vermischung möglichst zu vermeiden, verdünnte Salzsäure giefst, in diese eine Zinkstange und in die Flüssigkeit einen Silberdraht taucht, und die beiden Metalle aufserhalb mit einander in unmittelbare Berührung bringt, oder durch einen beliebigen Metalldraht verbindet. Enthält die Flüssigkeit auch nur $\frac{1}{50}$ Gran Kupfer aufgelöst, so wird der Silberdraht nach einigen Stunden mit einer an ihrer rothen Farbe leicht zu erkennenden Kupferhaut überzogen seyn.

Die Vorrichtung mit einer Blase ist besonders geeignet, die Ansammlung der in einem ähnlichen Gegensatze mit einander, wie Sauerstoff und Wasserstoff, stehenden Bestandtheile zusammengesetzter Körper und die Wanderung derselben von einem Pole der Kette zum andern in ein helles Licht zu setzen. Füllt man nämlich eine nach der mitgetheilten Beschreibung zugerichtete Glasröhre mit einer Salmiakauflösung, stellt sie in eine Schale, in welcher sich Salzsäure befindet, und verbindet beide Flüssigkeiten durch eine Kette von Zink und Silber, oder Gold, oder Platin, wobei das negative Metall in die Salmiakauflösung taucht, so zeigt diese letztere in sehr kurzer Zeit eine alkalische Reaction, und hat man die Ketten lange genug wirken lassen, so ist in der Röhre blofs Ammoniak zurückgeblieben, alle Salzsäure dagegen in die Schale übergegangen. Auf ähnliche Weise verhalten sich auch andere Salzauflösungen. Die Säure ist durch die Blase hindurchgegangen, und in der Glasröhre befindet sich nur noch alkalische Flüssigkeit. Hat man Chlorsilber in die Röhre gebracht, so zeigt sich dieses nach kürzerer oder längerer Zeit im Verhältnifs der angewandten Menge reducirt, und keine Spur von Chlor in der Glasröhre, da es sich in der

Flüssigkeit der Schale befindet. Bei Gelegenheit der Säule werden wir auf dieses merkwürdige Phänomen zurückkommen.

36. Dieser chemische Procefs wird auf eine eigenthümliche Weise modificirt, wenn der feuchte Leiter in seiner Continuität durch einen trockenen Erreger unterbrochen, oder in zwei Hälften getheilt wird, die durch diesen mit einander in Verbindung stehen. Der Erfolg dieses Versuches fällt am deutlichsten in die Augen, wenn man den flüssigen Leiter, z. B. Salzsäure, Fig.
in zwei Gläser giefst, und in die Flüssigkeit des einen Glases 84.
das eine Metall z. B. Zink, in die des andern Glases das andere Metall z. B. Gold, Silber oder Platin eintaucht, beide ausserhalb mit einander verbindet und die auf diese Weise erst nach dem Schema der Linie an einander gereihten Körper durch irgend einen bogenförmigen Metalldraht zur Figur schliefst, oder die geschlossene Kette bildet. Hier gilt nun das allgemeine Gesetz, dafs der auf diese Weise die Kette schliefsende trockene Erreger gleichsam in zwei Hälften zerfällt, und für sich allein die Rolle zweier Erreger zugleich spielt. Das dem + Metalle zugekehrte Ende verhält sich nämlich wie ein negatives, das dem — Metalle zugekehrte Ende wie ein positives Metall, und es treten die entsprechenden chemischen Processe auf. Hängt man also in der als Beispiel gebrauchten Kette einen Eisendraht *a* ein, so beginnt die Action augenblicklich, und aufser der Oxydation am Zinke und dem Hydrogen am Golde hat man am Eisen in c dem Zinke gegenüber Gasentbindung ohne Oxydation, in d dem Golde gegenüber Oxydation ohne Gasentbindung. Indefs äufsert die Beschaffenheit des verbindenden Drahtes hierbei einen sehr bemerkenswerthen Einfluss. Hängt man nämlich statt des Eisens einen gleichfalls homogenen Bogen von Silber, oder Gold, oder Platin ein, so ist die Action viel geringer und beim Golde und Platin ist sie so gut wie null; es findet so wenig an diesem als an dem Golde der eigentlichen Kette Gasentbindung statt, und sie dauert nur noch am Zinke fort, wie sie auch ohne alle galvanische Kette statt finden würde. Hängt man aber Zinn, Blei oder Zink ein, so ist die Action weit stärker als beim Eisen, und beim Zinke die allerstärkste, nur dafs am homogenen Bogen wegen der Wirkung, welche die Säure schon für sich auf dasselbe ausübt, die Polarphänomene nicht mehr so deutlich da sind [1]. Die fast

1 Vergl. Ritter's el. System S. 7. 8. u. Gehlen's Journ. VII. 549.

gänzliche Unterbrechung der Action der Kette unter den angeführten Umständen durch Gold, Platin und jeden andern noch stärker negativen Erreger, wie z. B. durch Kohle, Reifsblei, krystallisirtes Graubraunsteinerz, ist ein um so merkwürdigeres Factum, da ein gleicher Streifen von nassem Papier oder eine befeuchtete Schnur, ein Amianthfaden, die statt des Golddrahts in gleicher Ausdehnung eingehängt werden, die Wirkung nicht unterbrechen, ungeachtet sie von Gold, Platin u. s. w. an Leitungsfähigkeit für E. in so hohem Grade übertroffen werden[1].

So wie nun der chemische Procefs nach Verschiedenheit des flüssigen Leiters an dem positiven und negativen Metalle eine verschiedene Gestalt annehmen kann, so nimmt er auch an jenen beiden Enden des verbindenden trockenen Leiters eine entsprechende verschiedene Gestalt an und dadurch werden diese Versuche vorzüglich auch geeignet, jene oben aufgestellte Theorie der Metallvegetationen weiter zu bestätigen. Rose theilte in dieser Hinsicht entscheidende Erfahrungen mit[2]. Er gofs in Fig. 84. zwei Gläser salpetersaure Silberauflösung, bediente sich einer Zinksilberkette, und zum homogenen Leiter zwischen den beiden Gläsern eines Silberdrahtes. Hier fand nun, wie zu erwarten war, eine reichliche Reduction des Silbers am Zinke statt, die, je mehr sie zunahm, mit desto schwärzerer Farbe erschien, zugleich stellte sich aber auch am gegenüberstehenden Ende c des Silberdrahtes eine Silbervegetation ein, erst mit weifser, dann mit schwarzer Farbe, letzteres wahrscheinlich Silberhydroid, weil nun mehr Wasserstoff entwickelt wurde, als bei der bereits erschöpften Silberauflösung zur Reduction des Silberoxyds erforderlich war, dagegen wuchs in dem andern Glase am Silberdrahte der eigentlichen Kette die schönste Silbervegetation fort, indem durch Auflösung des verbindenden Silberdrahtes am Ende d die Silberauflösung immer wieder erneuert wurde. Enthielten die Gläser salpetersaures Kupfer, so überzog sich das Zink auf gewöhnliche Weise mit Kupfer, aber auch an c fand Kupferreduction statt, auch an dem Silberdrahte der eigentlichen Kette. Doch bestand das Reduct sehr bald aus Silber, abhängig von dem Silber, das sich an dem Ende d, des die beiden Gläser verbindenden Silberdrahtes fortdauernd oxydirte und in

1 S. noch weiter unten die Vers. mit Pigmenten und mit Säulen.
2 a. a. O.

die Auflösung überging, während das reducirte Kupfer auf dasselbe reagirte, es reducirte und selbst wieder aufgelöst wurde. In hinlänglich verdünnter schwefelsaurer Kupferauflösung zeigten sich dieselben Erscheinungen nur in schwächerem Grade, dagegen bei Anwendung einer salzsauren Kupferauflösung, oder auch der schwefelsauren Kupferauflösung, welcher einige Tropfen Salzsäure beigemischt waren, entstand in dem ersten Augenblicke eine unbedeutende Kupferhaut am Silberdrahte der Kette, die indefs bald verschwand, das Ende d des Silberdrahtes wurde etwas schwarz, jedoch gar nicht angegriffen, und erfolgte von nun an keine weitere Wirkung. Wurde eine Auflösung von Bleizucker in die Gläser gegossen, so bildete sich blofs an dem Zinke der gewöhnliche Bleibaum, an den Silberdrähten, namentlich an den verbindenden, war dagegen keine Veränderung wahrzunehmen, woraus man sieht, dafs diese durch Silber unterbrochenen Ketten nur eine schwache Wirkung geben, die nur dann merklich wird, wenn die Metallauflösung selbst in einem günstigen Sinne mitwirkt.

Chemischer Procefs in Ketten aus einem trockenen und zwei feuchten Erregern.

37. Die zweite Art von Ketten, in welchen der Galvanismus unter der Form des galvanischen Processes erscheint, sind die aus *einem festen* (trockenen) und *zwei flüssigen* Erregern. Eine merkwürdige Erfahrung von Bucholz[1], welche aus den bekannten chemischen Gesetzen nicht erklärlich schien, hatte zuerst auf die nähere Betrachtung dieser Ketten geleitet. Eine bis zur Syrupsdicke abgerauchte salzsaure Zinnauflösung mit noch freier Säure, aber doch so weit gesättigt, dafs sie beim Erkalten krystallisirte, wurde mit Wasser übergossen, und nun krystallisirte schon nach einer Viertelstunde sehr merklich an den noch unaufgelöst gebliebenen, auf dem Boden liegenden, Zinnstückchen, welche in die vom Wasser verdünnte Auflösung hineinragten, in den schönsten Spiefschen und Nadeln bis zur Gröfse von einem halben Zolle metallisches Zinn, und zwar nicht in der ganzen, oben durch Wasser verdünnten Schicht, sondern nur in der Mitte dieser Flüssigkeit, also in einer Schicht von Zinnauflösung von einem bestimmten Grade der Verdün-

1 N. Allg. J. d. Ch. III. S. 324 und 423.

nung, Bucholz blieb bei der Erklärung stehen, daſs durch die Verdünnung ein Theil Zinnoxydul ausgeschieden werde, dem aber zugleich das aufgelöst gebliebene seinen Sauerstoff entziehe, um sich in Oxyd zu verwandeln, wodurch es zu metallischem Zinn reducirt werde. Doch nicht ganz zufrieden mit dieser Erklärung schloſs er seine Abhandlung mit der Frage: ob sich nicht vielleicht jener Erfolg auf galvanische Weise erklären lasse. Diese Erklärung gab dann Ritter, und bestätigte sie durch viele sinnreich abgeänderte Versuche [1], und seitdem sind weitere Versuche dieser Art sowohl von Ritter selbst[2], als auch von Bucholz[3], Th. v. Grotthuss[4] u. a. angestellt worden. Auch hier, wie in der ersten Kette, ist der chemische Proceſs ein an im Raume getrennte einander entgegengesetzte Stellen vertheilter Oxydations- und Hydrogenationsproceſs, auch hier findet eine Wasserzersetzung, und unter günstigen Umständen eine Zersetzung der in den Proceſs zugleich mit eingehenden anderweitigen Substanzen statt, die theils durch die chemische Wirkung der freigewordenen Bestandtheile des Wassers vermittelt wird, theils auch unabhängig davon ist, wonach dann die Gestalt des Processes bei der groſsen Mannigfaltigkeit der flüssigen Leiter, die hierzu angewandt werden können, in den Producten selbst höchst verschieden ausfallen kann, wenn gleich das allgemeine Gesetz ihrer Bildung im wesentlichen stets dasselbe ist.

So wie im chemischen Processe der vorher betrachteten Kette die beiden chemischen Pole, der Oxygen- und Hydrogen-Pol, an die Berührungsstellen der beiden trockenen Erreger mit dem einen flüssigen Leiter, und zwar der Oxygen-Pol an das + el., der Hydrogenpol an das — el. Metall vertheilt waren, so zeigen sich hier die beiden Pole in den Berührungsstellen des einen festen Erregers mit den beiden flüssigen Erregern, so daſs dieser feste Erreger gleichsam in sich selbst in zwei Hälften oder Zonen zerfällt, von denen die eine in ihrer Berührung mit der einen Flüssigkeit das Aequivalent des positiven Metalls ist, und einen Oxydationspunct eingeht, die andere Hälfte in ihrer

1 N. Allg. J. d. Ch. IV. 253—287.

2 S. besonders über physisch-chemische Gegenstände Gehl. Journ. d. Ch. u. Ph. I. 351 ff.

3 a. a. O. V. 127.

4 Physische Forschungen S. 53 ff.

Berührung mit der andern Flüssigkeit gleichsam als negatives Metall auftritt, an welchem das Hydrogen die Form des chemischen Processes bestimmt, sey es nun, daſs es als Wasserstoffgas sich ausscheide, oder mit dem Erreger selbst zum Hydroid sich verbinde, oder bei Anwendung von Metallauflösungen eine Reduction des Metalloxyds bestimme, welches auch hier unter günstigen Umständen als eine Metallvegetation erscheint, zwischen welchen beiden Hälften eine mehr oder weniger ausgedehnte Indifferenzzone liegt, in welcher der feste Erreger keine Veränderung zeigt. Die Art der Vertheilung dieser chemischen Pole glaubte Ritter ganz allgemein durch den Satz bestimmen zu können, daſs der Ort, wo auch ohne und auſser der Kette in einem rein chemischen Processe zwischen dem festen Erreger und je einer Flüssigkeit stärkere Oxydation statt finde, auch der Ort sey, wo in der Kette der Oxygenpol auftrete, dagegen der Ort der schwächeren Oxydation auſser der Kette zum Hydrogenpole werde. Indeſs möchte es in einzelnen Fällen sehr schwierig zu bestimmen seyn, welche von zwei Flüssigkeiten stärker oxydirend auf einen festen Erreger einwirke als die andere, zumal wenn eine andere Art von chemischem Proceſs, wie bei den Schwefellebern, als Aequivalent einer Oxydation auftritt, und einige derjenigen Ketten, auf welche eine solche Vergleichung anwendbar ist, scheinen sogar im Widerspruche mit diesem Satze zu stehen. Nimmt man auf das el. Erregungsverhältniſs der Flüssigkeiten mit dem trockenen Erreger Rücksicht, so scheint sich als Resultat zu ergeben, daſs der Oxygenpol an der Berührungsstelle mit derjenigen Flüssigkeit auftritt, welche entweder allein oder stärker +, oder schwächer — el. als die andere Flüssigkeit mit dem trockenen Erreger wird.

Um diese Versuche anzustellen, gieſst man die spec. schwere von den beiden Flüssigkeiten a auf den Boden eines unten verschlossenen Glascylinders etwa einen halben Zoll hoch, bringt dann vermittelst Flieſspapiers die spec. leichtere Flüssigkeit b in gleicher Höhe so über jene, daſs beide Flüssigkeiten möglichst scharfe Grenzen bilden, und steckt dann den Erreger erster Classe c in Form eines Drahtes, Stabes oder einer dünnen schmalen Platte durch beide Flüssigkeiten hindurch, welcher sonach als drittes Glied mit den beiden übrigen eine einfache galvanische Kette, eine Kette ohne Zwischenraum schlieſst. Ist a *Salzsäure* gewöhnlicher Concentration, b Wasser, c ein Streifen Stanniol, so besetzt

sich der Streifen in der Säure überall mit Hydrogen, im Wasser aber in der Nähe der Säure oxydirt er sich ohne Gas. Rührt man a und b unter einander, so hört sogleich alle Wirkung auf. Aus drei Gliedern sind zwei geworden, die wenigstens unter diesen Umständen keine wirksame Kette geben. So wie man aber über die dergestalt verdünnte Säure wieder neues Wasser bringt, so stellt sich auch wieder die vorige Wirkung mit *derselben Vertheilung* ein. Bringt man auf diese Weise eine *Zinkstange*, eine concentrirte Auflösung von kohlensaurem Kali oder Aetzkali und Wasser zusammen, so oxydirt sich das Zink im Alkali, und besetzt sich im Wasser mit Wasserstoffgas, doch werden diese Erfolge erst nach mehreren Minuten recht auffallend [1].

Grotthuss brachte einen Stift von *reinem Silber* in eine concentrirte Auflösung von krystallisirtem salpetersaurem Silber, über welchem sich Wasser befand; es zeigten sich nach 48 Stunden am untern Theile der Röhre am Glase 2—3 Linien hohe Silberdendriten, die jedoch mit dem untern Ende des Stiftes wie mit ihrer Wurzel zusammenhingen, und in der Richtung abwärts fortwuchsen; am oberen Theile des Stiftes, wo er sich im Wasser befand, waren mit der Loupe zwei bis drei bräunliche Zonen von Silberoxydhydrat sichtbar [2]. Bucholz [3] brachte durch eine concentrirte Auflösung von so viel möglich neutralem salzsaurem Kupferoxyd und Wasser, welches über jene mit aller Vorsicht geschichtet war, ein $\frac{1}{2}$ Z. breites, 6 Z. langes polirtes Kupferblech bis auf den Boden des Glases; es zeigte sich aber hierbei nichts anderes als eine Absetzung von salzsaurem Kupferoxydul am Kupferbleche, so weit es in die Kupferauflösung tauchte, die mehr und mehr zunahm; wurde dagegen der Versuch mit einer concentrirten Auflösung von soviel möglich neutralem salpetersaurem Kupfer angestellt, so zeigte das Kupferblech nach 72 Stunden herausgenommen, nachdem die beiden Flüssigkeiten schon merklich mit einander vermischt waren, in der Mitte, wo die beiden Flüssigkeiten an einander gegrenzt hatten, eine breite blanke Stelle, wo weder Oxydation noch Kupferniederschlag zu bemerken war; über dieser Stelle,

1 Ritter el. System S. 21 ff.

2 Physisch-chemische Forschungen S. 53.

3 a. a. O.

also im Wasser, ein sehr dünner Ueberzug von schwarzbraunem Oxyd und unterhalb ein pulveriger kupferrother Ueberzug, der gegen die Endspitze des Kupferbleches immer dicker wurde und ein gestreiftes Ansehen gewann. Wurde das Wasser mit etwas Salpetersäure geschärft, so ging dieser Reductionsprocefs noch rascher und im höheren Grade vor sich; wurde die salpetersaure Kupferauflösung mit Kupfer so viel möglich übersättigt angewandt, so dafs das Wasser in seiner Berührungsfläche mit dieser Auflösung salpetersaures Kupferoxyd in grünlich weifslichen Fleckchen ausschied, so erfolgte die Ausscheidung des Kupfers nicht blofs in Form einer Rinde, sondern in Form von kleinen Kugeln von ganz ebenem geflossenem metallischem Ansehn. Schwefelsaures Kupfer, Wasser und Kupfer gaben keine Reduction, wohl aber wenn das Wasser mit Schwefelsäure geschärft wurde; concentrirte salpetersaure Silberauflösung, Wasser mit Salpetersäure geschärft und ein Silberblech gaben eine Reduction des Silbers in schönen Körnern; salpetersaure Bleiauflösung, Wasser mit Salpetersäure gefärbt und ein Bleistreifen gaben Reduction des Bleies, nicht aber essigsaures Blei, Wasser und ein Bleistreifen, aber wohl wenn statt des Wassers Essigsäure angewandt wurde; eben so salzsaure Zinkauflösung, mit Salzsäure gesäuertes Wasser und Zink eine wirkliche Reduction in Form einer schwarzgrauen Substanz, ohne metallischen Glanz, welche in längerer Zeit zu förmlichen Zacken auswuchs. In allen diesen und noch mehreren Versuchen, in welchen eine wahre Metallreduction statt fand, mufste das Metall mit irgend einer Säure eine solche Auflösung bilden, die bei Berührung mit demselben regulinischen Metalle nicht oder nur sehr langsam chemisch verändert wird, und die zweite oder wässerige Flüssigkeit mufste auch schon für sich und aufser der Kette im Stande seyn, das gebrauchte Metall zu oxydiren.

Bemerkenswerth sind noch insbesondere die Erscheinungen, welche die *Zinnauflösungen* in verschiedenen Graden der Concentration und Sättigung mit einander und mit *Zinn* (Stanniol) zur Kette geschlossen zeigen, wie sie Ritter durch eine grofse Reihe von Versuchen ausgemittelt hat, Erscheinungen, in welchen er besonders eine Bestätigung des von ihm aufgestellten allgemeinen Gesetzes für die Vertheilung der beiden chemischen Pole am festen Leiter zu finden glaubte.

Bucholz hatte, wie schon oben bemerkt, gefunden, dafs

die Zinnreduction in dem verdünnten Theile der Zinnauflösung erfolgt war, und zwar am stärksten in einer gewissen Schicht, in welcher die Verdünnung einen bestimmten Grad haben mufste. Ritter untersuchte dann zuerst den Einfluſs der verschiedenen Grade der Verdünnung auf die Stärke der Action. Er stellte die Versuche theils so an, daſs er in V förmig gestalteten Röhren die concentrirte Auflösung in den einen, die verdünnte in den andern Schenkel brachte, und mit einem Bogen von Stanniol, der auf beiden Seiten in die Flüssigkeiten eintauchte, die Kette schloſs, theils daſs er in einem cylindrischen Glase mit aller Vorsicht die Flüssigkeiten über einander schichtete und durch diese einen Streifen Stanniol brachte. Hier zeigte sich nun, daſs unter verschiedenen Graden von Verdünnung eine Auflösung, die mit dem 64 fachen Volumen Wassers verdünnt war, das Maximum der Action mit der concentrirten Auflösung gab, bei geringerer und gröſserer Verdünnung abnahm, und auch bei einer Verdünnung mit dem 1025 fachen Volumen Wassers die Reduction in dieser Schicht, so wie die Oxydation des Zinns in der concentrirten Auflösung noch merklich war. Es ergab sich ferner, daſs jene 64 fach verdünnte Auflösung mit der am meisten concentrirten das Maximum von Action gab, welche geringer ausfiel, wenn eine weniger concentrirte Auflösung genommen wurde. Von besonderem Interesse war aber der von Ritter bemerkte Umstand, daſs nicht jede concentrirte salzsaure Zinnauflösung, mit einer verdünnten und mit Stanniol zur Kette geschlossen, die Oxydation oder fernere Auflösung des Zinns in der concentrirten und die Reduction in der verdünnten Auflösung gab. Dieses geschah nämlich nur unter der Bedingung, daſs die concentrirte Zinnauflösung *nicht mit Zinn gesättigt*, sondern noch *ein gewisser Antheil freier Säure in ihr vorhanden war.* Ist die Auflösung gesättigt oder der Antheil freier Säure in ihr geringer, so sind die Phänomene total umgekehrt, d. i. der Stanniol oxydirt sich dann und löst sich auf in der verdünnten, und das Zinn reducirt sich in der concentrirten Auflösung, doch wächst nicht in dem Maaſse, als die freie Säure fehlt, auch die Fähigkeit letzterer die *Phänomene in der umgekehrten Ordnung zu geben.* Bringt man eine gesättigte mit einer nicht ganz gesättigten oder gesättigt gewesenen, aber dann mit freier Säure versetzten Zinnauflösung zusammen, so ist allemal die Reduction in der ersteren, die Oxy-

dation in der letzteren. Verbindet man eine gesättigte oder in irgend einem Grade gesäuerte Zinnauflösung mit reiner Salzsäure, so ist die Oxydation immer in letzterer, die Reduction in ersterer.

So viel wie möglich mit Zinn gesättigte Auflösung, mit Wasser geschichtet, giebt die Reduction in der Zinnauflösung, der Erfolg ist aber grösser, wenn die Auflösung etwas freie Säure enthällt, bei unveränderter Vertheilung der Pole, nimmt aber ab, wenn noch etwas mehr freie Säure hinzukommt, und kehrt sich gänzlich um, wenn die Säure noch ferner wächst, indem dann die Reduction in der dünnern Schicht, die Oxydation und Auflösung des Zinns in der unverdünnten Schicht erfolgt; die Action wächst unter diesen Umständen, bis die Salzsäure ungefähr den 6ten bis 8ten Theil von der gesättigten Zinnauflösung enthält, nimmt dann wieder ab, hört aber nicht ganz auf, wenn die Salzsäure auf eine halbe Unze auch nur einen *Tropfen* der gesättigten Zinnauflösung enthält, und zwar mit *derselben* Vertheilung der Pole.

Eine Zinnauflösung, die so weit mit Zinn gesättigt ist, dafs sie mit Wasser und Stanniol die Reduction in ihr selbst und die Oxydation im Wasser giebt, giebt diese Vertheilung der Pole mit jedem Grade der Verdünnung ihrer selbst; stets fällt die Reduction in die concentrirte Auflösung. Es lassen sich auch abwechselnde Oxydationen und Reductionen auf diese Weise an demselben Stanniolstreifen darstellen. Bringt man nämlich in ein Cylinderglas erst einen halben Zoll hoch concentrirte, möglichst gesättigte, Zinnauflösung, über diese mit der gleichen Menge Salzsäure vermischte und über letztere wieder reines Wasser, und senkt alsdann durch diese drei Schichten einen starken Streifen Stanniol hinab, so sieht man nach einiger Zeit eine starke Reduction in der untern Auflösung, Oxydation und Auflösung des Zinns in der mit Säure gemischten nahe über der ersten Flüssigkeitsgrenze, weiter hinauf ist der Stanniolstreifen fast unangegriffen, bis nahe unter der zweiten Flüssigkeitsgrenze, wo er wieder sehr stark angegriffen ist, und über ihr nach dem Wasser zu lebhafte Reduction. Es lassen sich dergleichen Versuche mit noch viel mehreren Schichten, die sich unmerklich in einander verlaufen, anstellen, wo zwar eben so vielmal die Bedingungen einer galvanischen Kette und der daraus hervorgehenden Reduction und Oxydation abwechselnd sich

wiederholen, in allen diesen Ketten aber der Ort der Reduction in der einen zugleich in Beziehung auf die folgende der Ort der Oxydation ist, woraus die Folge hervorgeht, dafs dieses ganze System von Ketten in eine Art von Ausgleichung mit einander kommt, die Reductionen zusammen sich auf die eine Hälfte, die Oxydationen auf die andere Hälfte des Stanniols werfen, die durch eine blanke Linie am Stanniol von einander getrennt sind, und von da aus nach beiden Enden hin an Stärke zunehmen.

Vergleicht man nun das Verhalten dieser verschiedenen Zinnauflösungen in der geschlossenen Kette mit ihrem Verhalten aufser derselben im blofs chemischen Processe, so findet man allerdings in der Hauptsache eine Bestätigung des Ritter'schen Gesetzes. Ohne Zweifel wirkt eine mehr freie Säure haltende Zinnauflösung an und für sich stärker oxydirend auf das Zinn ein, als eine mehr gesättigte, sie giebt aber auch in der Kette mit dieser den Oxygenpol; eine verdünnte, ungesättigte, also freie Säure enthaltende Auflösung wirkt gleichfalls an und für sich weniger oxydirend und nimmt bei gleichem absoluten Säure-Gehalte weniger Zinn auf, als eine concentrirte; erstere zeigt aber auch mit letzterer den Hydrogenpol. Eben so läfst sich eine *verdünnte gesättigte* Zinnauflösung relativ gegen die gesättigte concentrirte als eine mehr oxydirende betrachten, da die Säure in der gesättigten gleichsam schon befriedigt ist, in der verdünnten dagegen durch das Hinzukommen des Wassers eine neue oxydirende Kraft auftritt. Schwieriger wird aber allerdings die Erklärung des Falles, dafs beim Zusatze von Säure zur gesättigten Zinnauflösung bis zu einem gewissen Puncte die Wirksamkeit ihrer Verdünnungen mit jener den Oxygenpol zu geben zunimmt, bei weiterem Zusatze von Säure wieder abnimmt, und sich dann umkehrt, in welcher Hinsicht Ritter auf eine mehr subtile als genügende Weise das von ihm aufgestellte allgemeine Princip gerechtfertigt hat[1].

Ritter hat auch aus der abwechselnden Lage von Zonen der Oxydation und Desoxydation oder Gasentwickelung in solchen Ketten zweiter Art das verschiedene el. Verhältnifs von Säuren und Laugensalzen im concentrirten Zustande und bei verschiedenen Graden der Verdünnung gegen die Metalle, von welchem bereits

1 Gehlen's Journ. I. 430.

oben (unter 25) die Rede gewesen ist, abzuleiten gesucht. Indefs sind diese Erscheinungen nicht bestimmt genug, und die von RITTER angestellten Schemata werden durch andere vollkommen bewährte Versuche wiederlegt.

38. In Ketten, deren Glieder sämmtlich Erreger der zweiten Classe sind, ist kein chemischer Procefs beobachtet worden, der verschieden von dem gewöhnlichen chemischen Processe wäre, und gleichen Schritt hielte mit den anderweitigen Erscheinungen, welche die galvanische Action ausmachen. Diese Ketten gehören überhaupt zu den schwächsten, und ihre Thätigkeit wird nur durch die Wechselwirkung mit der Lebenskraft, insbesondere die Reizbarkeit der Muskeln erkannt.

39. Wie sich sogenannte *zweigliedrige* Ketten in Rücksicht auf den chemischen Procefs verhalten, darüber haben directe Versuche mit *einfachen* Ketten bis jetzt noch nicht entschieden, sondern es lassen sich nur analogisch Schlüsse aus dem Verhalten der mehrfachen zweigliedrigen Ketten machen. Da von einem eigentlichen chemischen Processe nur da die Rede seyn kann, wo ein flüssiger Körper als Glied mit eingeht, so kommen hier die Ketten aus zwei trockenen Erregern nicht in Betracht. Dafs manche Ketten als zweigliedrige täuschen können, die in der That aus drei Individuen bestehen, ergiebt sich aus sehr vielen Versuchen. Schon in der ersten Periode des Galvanismus zeigten WELL, VOLTA u. a., dafs ein homogenes Metall blofs durch gelindes Reiben an einem andern Metalle, wodurch Theilchen von diesem abgerieben an jenem hängen bleiben, aber auch durch Reiben an andern nicht metallischen Körpern, wodurch an dieser Stelle die Oberfläche in Rücksicht auf Glätte, verglichen mit andern Stellen desselben Metalls, eine andere wird, gleichsam in zwei Individuen zerfalle, und die scheinbar zweigliedrige Kette in der That eine dreigliedrige sey. So bemerkte GROTTHUSS[1], dafs zwar mit einer gleichförmigen säurefreien Auflösung von salpetersaurem Silber ein Silberstift von reinem Silber gar keine Wirkung gebe, dafs es aber oft hinreiche, das reine Silber mit Kupfer oder Zink zu reiben, damit das Silber an der geriebenen Stelle regulinisch abgeschieden werde, doch ohne dafs diese Wirkung lange fortdauert. Eben so sind die Fälle ausgeschlossen, wo der trockene Erreger an

1 Physisch-chemische Forschungen S. 52.

die Zinnreduction in dem verdünnten Theile der Zinnauflösung erfolgt war, und zwar am stärksten in einer gewissen Schicht, in welcher die Verdünnung einen bestimmten Grad haben mufste. Ritter untersuchte dann zuerst den Einflufs der verschiedenen Grade der Verdünnung auf die Stärke der Action. Er stellte die Versuche theils so an, dafs er in V förmig gestalteten Röhren die concentrirte Auflösung in den einen, die verdünnte in den andern Schenkel brachte, und mit einem Bogen von Stanniol, der auf beiden Seiten in die Flüssigkeiten eintauchte, die Kette schlofs, theils dafs er in einem cylindrischen Glase mit aller Vorsicht die Flüssigkeiten über einander schichtete und durch diese einen Streifen Stanniol brachte. Hier zeigte sich nun, dafs unter verschiedenen Graden von Verdünnung eine Auflösung, die mit dem 64 fachen Volumen Wassers verdünnt war, das Maximum der Action mit der concentrirten Auflösung gab, bei geringerer und gröfserer Verdünnung abnahm, und auch bei einer Verdünnung mit dem 1025 fachen Volumen Wassers die Reduction in dieser Schicht, so wie die Oxydation des Zinns in der concentrirten Auflösung noch merklich war. Es ergab sich ferner, dafs jene 64 fach verdünnte Auflösung mit der am meisten concentrirten das Maximum von Action gab, welche geringer ausfiel, wenn eine weniger concentrirte Auflösung genommen wurde. Von besonderem Interesse war aber der von Ritter bemerkte Umstand, dafs nicht jede concentrirte salzsaure Zinnauflösung, mit einer verdünnten und mit Stanniol zur Kette geschlossen, die Oxydation oder fernere Auflösung des Zinns in der concentrirten und die Reduction in der verdünnten Auflösung gab. Dieses geschah nämlich nur unter der Bedingung, dafs die concentrirte Zinnauflösung *nicht mit Zinn gesättigt*, sondern noch *ein gewisser Antheil freier Säure in ihr vorhanden war.* Ist die Auflösung gesättigt oder der Antheil freier Säure in ihr geringer, so sind die Phänomene total umgekehrt, d. i. der Stanniol oxydirt sich dann und löst sich auf in der verdünnten, und das Zinn reducirt sich in der concentrirten Auflösung, doch wächst nicht in dem Maafse, als die freie Säure fehlt, auch die Fähigkeit letzterer die *Phänomene in der umgekehrten Ordnung zu geben.* Bringt man eine gesättigte mit einer nicht ganz gesättigten oder gesättigt gewesenen, aber dann mit freier Säure versetzten Zinnauflösung zusammen, so ist allemal die Reduction in der ersteren, die Oxy-

dation in der letzteren. Verbindet man eine gesättigte oder in irgend einem Grade gesäuerte Zinnauflösung mit reiner Salzsäure, so ist die Oxydation immer in letzterer, die Reduction in ersterer.

So viel wie möglich mit Zinn gesättigte Auflösung, mit Wasser geschichtet, giebt die Reduction in der Zinnauflösung, der Erfolg ist aber grösser, wenn die Auflösung etwas freie Säure enthällt, bei unveränderter Vertheilung der Pole, nimmt aber ab, wenn noch etwas mehr freie Säure hinzukommt, und kehrt sich gänzlich um, wenn die Säure noch ferner wächst, indem dann die Reduction in der dünnern Schicht, die Oxydation und Auflösung des Zinns in der unverdünnten Schicht erfolgt; die Action wächst unter diesen Umständen, bis die Salzsäure ungefähr den 6ten bis 8ten Theil von der gesättigten Zinnauflösung enthält, nimmt dann wieder ab, hört aber nicht ganz auf, wenn die Salzsäure auf eine halbe Unze auch nur einen Tropfen der gesättigten Zinnauflösung enthält, und zwar mit derselben Vertheilung der Pole.

Eine Zinnauflösung, die so weit mit Zinn gesättigt ist, daſs sie mit Wasser und Stanniol die Reduction in ihr selbst und die Oxydation im Wasser giebt, giebt diese Vertheilung der Pole mit jedem Grade der Verdünnung ihrer selbst; stets fällt die Reduction in die concentrirte Auflösung. Es lassen sich auch abwechselnde Oxydationen und Reductionen auf diese Weise an demselben Stanniolstreifen darstellen. Bringt man nämlich in ein Cylinderglas erst einen halben Zoll hoch concentrirte, möglichst gesättigte, Zinnauflösung, über diese mit der gleichen Menge Salzsäure vermischte und über letztere wieder reines Wasser, und senkt alsdann durch diese drei Schichten einen starken Streifen Stanniol hinab, so sieht man nach einiger Zeit eine starke Reduction in der untern Auflösung, Oxydation und Auflösung des Zinns in der mit Säure gemischten nahe über der ersten Flüssigkeitsgrenze, weiter hinauf ist der Stanniolstreifen fast unangegriffen, bis nahe unter der zweiten Flüssigkeitsgrenze, wo er wieder sehr stark angegriffen ist, und über ihr nach dem Wasser zu lebhafte Reduction. Es lassen sich dergleichen Versuche mit noch viel mehreren Schichten, die sich unmerklich in einander verlaufen, anstellen, wo zwar eben so vielmal die Bedingungen einer galvanischen Kette und der daraus hervorgehenden Reduction und Oxydation abwechselnd sich

Uu 2

zwei verschiedenen Stellen eine auffallend verschiedene Temperatur besitzt, womit ein verschiedenes elektromotorisches Verhalten gegen einen und denselben flüssigen Leiter gegeben ist, oder wo zwei scheinbar homogene Metallplatten durch jene Einflüsse, von welchen oben (unter 22) ausführlich die Rede gewesen ist, in Beziehung auf einander den Werth zweier verschiedener Erreger angenommen haben. Es ist also hier nur von jener zweigliedrigen Kette die Rede, in welcher der trockene Erreger überall seiner Qualität nach als homogen angenommen wird und bloſs in einer Kette mit innerem Zwischenraume die beiden Flächen der Berührung mit dem flüssigen Leiter an Ausdehnung sehr merklich von einander abweichen. Zamboni hat zuerst diese zweigliedrigen Ketten bekannt gemacht [1]. Nach der Art der Vertheilung der el. Pole einer mehrfachen Kette dieser Art aus *Zink* oder *Zinn* mit einer salzigen Flüssigkeit, wie sie von Zamboni angegeben wird, würde die breitere Fläche des Metalls den Hydrogen-, die schmälere den Oxygenpol geben, jene also die Rolle des negativen Metalls oder des Kupfers, diese die des positiven oder Zinks übernehmen. Erman will dagegen die Vertheilung der el. und eben damit auch der ihnen parallel laufenden chemischen Pole entgegengesetzt gefunden haben [2]. Pohl behauptet ein entgegengesetztes Verhalten der zweigliedrigen Kette, je nachdem der trockene Erreger, welcher mit der Flüssigkeit mit zwei an Ausdehnung sehr verschiedenen Flächen in Berührung gebracht wird, in dem gewöhnlichen einfachen Contacte mit derselben positiv oder negativ wird [3]. Bei den positiven Metallen, wie *Zink*, *Zinn*, *Blei*, soll der Oxygenpol, wie auch Erman gefunden hat, an die *breitere Berührungsfläche* fallen, bei den negativen Metallen, *Kupfer*, *Silber*, soll die Vertheilung gerade die entgegengesetzte seyn, und der Oxygenpol an der schmalen Fläche auftreten. Diese Art der Vertheilung ist jedoch nicht durch directe Erfahrungen über die chemischen Producte der beiden Pole, sondern nur durch das elektromagnetische Verhalten solcher zweigliedrigen Ketten bestimmt.

40. Es giebt gewisse chemische Wirkungen, die in ihrer

1 G. LX. 151.

2 Ebend. LXIV. 45.

3 Der Proceſs u. s. w. S. 91. 92.

Vertheilung so ganz das Gepräge der galvanischen haben, daſs sie, da auch die Bedingungen derselben zunächst mit denen der einfachen zweigliedrigen Kette übereinstimmen, am passendsten hier in Betracht gezogen werden, nämlich die Wirkung der einzelnen Metalle auf die Pflanzenpigmente, welche zuerst Jäger bekannt gemacht hat[1]. Er fand nämlich, daſs schon das bloſse Zink für sich allein mit einem einzigen feuchten Leiter in Berührung gebracht, die Hauptphänomene einer wirksamen geschlossenen galvanischen Kette aus zwei trockenen und einem feuchten Erreger darstelle. Legt man ein mit einem zur Ausmittelung der Alkalien und Säuren dienenden Pflanzenpigmente gefärbtes Papier, z. B. eine Scheibe von Curcumapapier auf eine Zinkplatte, so entstehen in kurzer Zeit auf derselben zerstreute länglich runde braune Flecken, wie wenn an diesen Stellen ein Laugensalz auf das Curcumapapier gewirkt hätte, mit wellenförmig gebogenen Umkreisen, die zwischen befindlichen Stellen des Curcumapapiers sind unverändert oder eher ausgebleicht. Auf Scheiben von Lackmus, die auf gleiche Weise befeuchtet auf das Zink gelegt werden, zeigen sich in ihrer Figur ähnliche rothe Flecken, wie die braunen des Curcumapapiers und zwischen denselben ausgebleichte, beinahe weiſse, Stellen, welche beide Arten von Flecken durch intensiv blaue Grenzen von einander getrennt sind. Legt man diese zweierlei Arten von Papier über einander, so treffen die braunen Stellen des Curcumapapiers mit den ausgebleichten des Lackmuspapiers und die rothen Flecken des letzteren mit den ausgebleichten des Curcumapapiers zusammen. Am Zinke selbst zeigen sich Flecken von metallisch glänzendem unverändertem und von oxydirtem Zinke, von welchen erstere mit den braunen Flecken des Curcumapapiers, letztere mit den rothen Flecken des Lackmuspapiers zusammenfallen. Ein mit sehr verdünnter Salzsäure genäſstes Curcumapapier auf Zink gelegt, verändert seine Farbe gar nicht oder doch nur sehr wenig. Ein durch sehr verdünnte Kalilauge blaſs röthlich gefärbtes Curcumapapier hingegen wird, auf Zink gelegt, hellgelb gefleckt und die nicht gelb gewordenen Stellen sind höher roth als zuvor und zum Theil weiſs. Sehr blaſs durch Salzsäure geröthetes Lackmus-

1 Bemerkungen über die Veränderungen u. s. w. in G. XI. 288. vergl. über einige Schwierigkeiten in Volta's Theorie G. XXIII. 59 ff.

papier wird blau gefleckt und sehr blaſs. Wenn man ein Zinkstange oder Platte ganz in sehr verdünnte Lackmustinktu einsenkt, so verliert diese nach längerer Zeit ihre röthliche Farbe wird reiner und blasser blau, und endlich beinahe wasserhell indem sich aller Farbestoff au das Zink niederschlägt. Ander Pflanzenaufgüsse, wie von Fernambuck, den getrockneten Blättern der Alsea rosea, von Herbstrosen werden durch Zink nach einiger Zeit so verändert, wie durch ein Laugensalz, auch wenn man das ganz gefüllte Gefäſs, in welchem das Zink sich befindet, luftdicht verschlieſst. Wenn man in ausgekochtes destillirtes, durch Quecksilber gesperrtes, Wasser eine Zinkstange aufhängt, so erhält dieses Wasser alkalische Eigenschaften, indem es dann getrocknete Herbstrosentinctur grau *färbt.* Auch Brugnatelli fand[1], daſs selbst in hermetisch verschlossenen Gefäſsen mit destillirtem Wasser oft geschütteltes Eisen oder Zink sich oxydirt, und das Wasser dabei *alkalische* Eigenschaften annimmt, die er richtig von gebildetem *Ammoniak* ableitet. Quecksilber und Kupfer ertheilten dem Wasser alkalische Eigenschaften, indem sie sich zugleich oxydirten. Die über dem Wasser befindliche atmosphärische Luft hatte sich nicht merklich verändert. Jäger erklärt den Umstand, daſs sich in dieser zweiten Reihe von Versuchen keine Spur von Säure äuſsert, daraus, daſs, da aus der Ansicht der gefärbten Papiere die Laugensalzbildung als die überwiegende erscheine, die in geringer Menge entwickelte Säure in einer Flüssigkeit, die allen in ihr enthaltenen Stoffen eine freie Bewegung gestatte, von dem Laugensalze gesättigt werde, und nun bloſs der Ueberschuſs des letzteren sichtlich reagire. Auch auf dem Papiere würde die Reaction der Säure unkenntlich werden, wenn nicht die Structur desselben der Vermischung und Neutralisation beider Stoffe gewisse Grenzen setzte.

Andere Metalle wie Zinn, Blei, bringen mit jenen gefärbten Papieren ähnliche Veränderungen, wie das Zink, aber in geringerem Grade hervor, und überhaupt nehmen die Veränderungen in der Ordnung ab, in welcher die Metalle in der Spannungsreihe vom Zinke ausgegangen auf einander folgen, so daſs schon *Gold* und *Platin ohne alle Wirkung sind.*

1 Gehlen's J. d. Ch. u. Ph. I. 54.

Berzelius[1] stellte ähnliche Versuche an, wozu die Metallplatten zwar rein gescheuert, aber nicht polirt angewandt wurden. Auf Zink zeigte sich das mit geistiger Rhabarbertinctur gefärbte Papier nach 6 Stunden zusammengerollt und mit kleinen rothen Puncten, von der Farbe, wie sie ein Alkali hervorbringt, in einer krummen Linie bezeichnet, zwischen welchen die gelbe Farbe des Papiers unverändert war; die Zinkplatte zeigte sich kaum merklich angelaufen; auf dem Kupfer war das Papier überall gleichförmig braun gefärbt. Als es hernach auf die Zinkscheibe gelegt wurde, erhielt es dergleichen noch dunklere kleine Puncte wie oben, und war dazwischen heller, beinahe farblos. Ein in *Fernambuktinctur* getauchtes Papier wurde auf der Kupferplatte *blau*, ein in *rothen Kohlenaufguſs* getauchtes Papier schön *hellgrün*. Eine Lackmusscheibe röthete sich in derselben Zeit auf Zink. Es zeigten sich breite, geschlängelte, rothe Streifen, zwischen welchen die Farbe des Papiers unverändert war. Die Grenzen zwischen den gerötheten und den unveränderten Stellen waren mit einem dunklen *Blau* bezeichnet, unter den gerötheten Streifen des Lackmuspapiers war die Zinkplatte mit weiſsem Oxyde überzogen, auf den Stellen, welche dem unveränderten Papiere entsprachen, blank wie vorher. Auf der Kupferplatte blieb das Lackmuspapier unverändert, höchstens hatte es hier und da einige sehr wenige dunklere Flecken, unter welchen auch das Kupfer angelaufen war.

An diese Versuche reihe ich nur noch diejenigen über die Veränderungen solcher gefärbten Papiere durch die Zusammenwirkung zweier heterogener Metalle, die zur Kette mit einander geschlossen sind, an, die nach der streng systematischen Ordnung schon in No. 35. ihren Platz hätten finden sollen, durch die jetzige Zusammenstellung aber bedeutender werden. Sie sind gleichfalls von Jäger zuerst bekannt gemacht worden.

Wenn man auf eine polirte isolirte oder nicht isolirte *Zinkplatte* eine Scheibe von *Lackmuspapier*, darüber eine von *weiſsem*, und zu oberst von *Curcumapapier* bringt, und nun auf das Curcumapapier eine *Goldmünze* legt, und das Zink und Gold etwa durch einen Blei- oder andern metallischen Streifen mit einander in Verbindung setzt, so entsteht höchstens innerhalb einer Minute auf dem Curcumapapiere ein hochrother Rand

1 G. XXVII. 316.

um das Goldstück herum, und die ganze Fläche desselben unter der Goldmünze wird erst hochroth, dann weiſs und völlig farblos, zugleich entsteht auf dem Lackmuspapiere ein rother, dem Goldstücke entsprechender Discus. Legt man umgekehrt das das Curcumapapier auf das Zink und das Lackmuspapier unter das Gold, so wird ersteres beinahe gar nicht, wenigstens nicht in der Mitte gefärbt, und letzteres bekommt einen weiſslich blauen Discus, und höchstens an den Ecken einige rothe Flecken. Legt man oben und unten *Fernambukpapier*, so wird das obere blau und endlich weiſs, und das untere höher roth, die Fläche des Zinks wird bei diesen Versuchen zusammenhängend ohne Schlangenlinien und gleichförmig oxydirt. Diese Erscheinungen kommen noch deutlicher zum Vorschein, wenn man zwischen die gefärbten Papiere mehrere Blätter weiſses Papier einschiebt, wodurch die beiderseitigen Wirkungen vollständiger getrennt werden. Ist der feuchte Leiter zwischen Gold und Zink von einer groſsen Dicke z. B. ein Cylinder von Pappe 6 Zoll hoch, oben und unten mit einer Scheibe von Pappe geschlossen und mit destillirtem Wasser gefüllt, so erscheint die Röthung des Curcumapapiers unter dem Golde später und ist auch weniger stark. Schiebt man zwischen die nassen Papiere einer solchen einfachen Kette eine an ihrem Rande vollkommen trockene Zinkplatte ein, so entstehen die oben beschriebenen Wirkungen gedoppelt, und zwar bringt die eingeschobene Platte auf ihre obere, dem Golde zugekehrte, Fläche die saure, auf ihre untere die alkalische Färbung hervor, indeſs die beiden metallisch mit einander verbundenen Endplatten sich gerade wie in der einfach geschlossenen Kette verhalten. Man kann in einer solchen Kette den feuchten Leiter durch mehrere eingeschobene Zinkplatten in mehrere Scheiben trennen, und dadurch die obigen Wirkungen vervielfachen, wobei man stets an den der untersten Zinkplatte zugekehrten unteren Flächen der eingeschobenen Zinkplatten die alkalischen und an ihren oberen, der Goldmünze zugekehrten, Flächen die saure Färbung findet. Schiebt man aber, statt der Zinkplatte, auf *dieselbe Weise* eine *Goldmünze* ein, so erfolgen jene Veränderungen der gefärbten Papiere nicht und die Kette ist gleichsam in eine ungeschlossene verwandelt. Andere Metalle, eben so als Zwischenglieder eingeschoben, scheinen in ihrem Vermögen die chemischen Einwirkungen der Goldzinkkette auf die Pflanzen-

pigmente zu beschränken und endlich ganz zu hemmen, ganz der Ordnung der Spannungsreihe zu folgen, so daſs das dem Zink am nächsten stehende Zinn das geringste Hemmungsvermögen hat, und daher zunimmt, so wie die Metalle dem negativen Ende näher stehen. Hiermit stimmen auch die schon in 36 angeführten Resultate der Versuche Ritter's mit Ketten, in welchen der flüssige Leiter durch Metalldrähte unterbrochen war, und der chemische Proceſs gemäſs den veränderten Umständen unter einer verschiedenen Gestalt auftrat, überein, so wie die Versuche, welche H. Davy in seiner *Bakercan Lecture*, die den 8. Jan. 1826 von ihm vorgelesen worden war[1], bekannt gemacht hat, wobei es nur zu verwundern ist, daſs ihm die angeführten Versuche so ganz unbekannt geblieben seyn konnten. Die beiden trockenen Elektromotoren waren Zink und Platin, eingesenkt in zwei abgesonderte Gefäſse, deren Flüssigkeit, eine Lösung von salpetersaurem Kali, nach der Reihe durch verschiedene Leiter verbunden wurde, um so die galvanische Kette auf der einen Seite zu schlieſsen, deren Kreis auf der andern durch den Multiplicator geschlossen war, mit dessen Enden jene beiden Elektromotoren zusammenhingen, um durch die Bewegung der Magnetnadel den inneren Vorgang in der Kette sowohl seiner Art als Intensität nach zu erkennen. Ein Bogen von Zink wirkte in diesem Falle kräftiger als ein Streifen von nassem Amianth; wurden andere Metalle, wie Zinn, Eisen, Kupfer, Tellur dem Zinkbogen substituirt, so nahm die galv. Wirkung in dem Verhältniſs ab, in welchem das angewandte Metall weniger oxydabel war, Tellur, welches sich am positiven Pole einer Volta'schen Säule nicht oxydirt, zerstörte sogar die Wirkung gänzlich, eben so Rhodium, Palladium, Platin. Daſs diese Wirkung keineswegs von einem mit dem Leitungsvermögen verknüpften Umstande abhing (?), schlieſst Davy daraus, daſs Kohle, welche ein sehr unvollkommener Leiter ist, sich wie ein oxydabeles Metall verhielt, und daſs ein sehr feiner Platindraht an dem einen Ende mit einem kleinen Stückchen eines oxydabeln Metalls versehen (in welchem Falle indeſs eine kleine Volta'sche Säule aus zwei Elementen wirksam war) sich wirksamer verhielt, wenn dieses Stückchen dem negativen Pole gegenüber stand, als wenn der ganze Bo-

1 Ph. Tr. Year. 1826. S. 383—422.

gen aus einem solchen Metalle bestanden hätte. Ich werde au die Wirkung dieses zwischen dem flüssigen Leiter interpolirte und ihn unterbrechenden trockenen Leiters wieder bei der Säul und insbesondere bei der sogenannten Ladungssäule zurüc kommen, da sie eines der wichtigsten Momente ist, an welchen die Richtigkeit jeder Theorie dieser Erscheinungen, gleichsan als auf ihrem eigentlichen Probiersteine zu prüfen ist.

41. Es giebt einige problematische chemische Erscheinungen, für welche zwar die allgemeinen Bedingungen, wie si für die einfachen galvanischen Kettenwirkungen in den vorhergehenden Paragraphen dargestellt worden sind, sich nicht so deutlich nachweisen lassen, die aber doch wieder in manchei Hinsicht so ganz das galvanische Gepräge an sich tragen, daſs sie hier nicht übergangen werden dürfen. Die eine dieser Erscheinungen ist folgende von Gruner[1] beobachtete. Dieser Naturforscher brachte zum Behuf der Darstellung der Silbervegetation durch den Strom einer Volta'schen Säule eine verdünnte neutrale salpetersaure Silberauflösung in eine Röhre, verstopfte die Oeffnungen von beiden Seiten mit Kork, durch welchen er ganz feine Silbernadeln von *reinem* Silber gesteckt hatte, und legte die so vorbereitete Röhre auf den Tisch, um erst die Batterie, mit welcher er sie verbinden wollte, zu errichten. Als er die Säule zusammengesetzt hatte und mit der Röhre den Volta'schen Kreis schlieſsen wollte, bemerkte er mit Erstaunen, daſs *beide* in der Auflösung befindliche Nadeln mit den schönsten Krystallen von ganz reinem und regulinischem Silber überzogen waren. Er glaubte irgend einen Fehler begangen zu haben und füllte von neuem eine Röhre mit Silberauflösung, in die er zwei Nadeln brachte, und legte sie, ohne sie mit der Batterie in die geringste Berührung zu bringen, ruhig auf den Tisch. Kaum hatte sie 8 Minuten gelegen, als er schon sehr deutlich bemerken konnte, daſs beide Nadeln sich mit den schönsten Krystallen regulinischen Silbers überzogen hatten. Dabei war stets die eine Nadel stärker als die andere mit Krystallen überzogen und zwar zeigte sich dieser Unterschied stetig und auf einer und derselben Seite. Wurde statt zweier Nadeln nur eine in die Röhre gebracht, so zeigte sich keine Spur einer Niederschlagung des Silbers, die sogleich

1 G. VIII. 222.

wieder eintrat als die zweite Nadel ihr gegenüber gebracht wurde. Eine silberne und goldene Nadel, in entgegengesetzter Richtung in die mit der Auflösung gefüllte Röhre gesteckt, bewirkten dagegen nicht den geringsten Niederschlag. Die gebrauchten Silbernadeln hatten schon häufig bei Gasentwickelungen durch die Volta'sche Säule bald als Oxygen- bald als Hydrogendraht gedient [1], jedoch wurden sie zu einem neuen Versuche angewandt, ohne sie vorher durch Feilen und Poliren von allem ihnen anhangenden Oxyde befreit zu haben.

Daſs der Gebrauch der Metalldrähte als Leitungsdrähte einer Volta'schen Säule denselben bleibende Polarität ertheile und sie in Stand setze, für sich allein schon die Erscheinungen der einfachen Kette hervorzurufen, erhellet aus anderweitigen Erfahrungen. Insbesondere ist eine von Berzelius [2] in dieser Hinsicht gemachte Beobachtung sehr wichtig, nach welcher ein *Eisendraht*, welcher als Leitungsdraht des negativen Poles einer Batterie in einer Auflösung von schwefelsaurem Kali gebraucht worden war, noch eine halbe Stunde hindurch nach aufgehobener Verbindung mit der Batterie reichlich Gas entband, auch wenn er vorher aus der Gasentbindungsröhre herausgenommen und sorgfältig abgewischt worden war. Nur weicht diese Erfahrung darin von der Gruner'schen ab, daſs dieser Eisendraht nur in der vorher elektrisirten Salzauflösung, aber keineswegs in einer frischen, diese Gasentbindung gab; jedoch erregte er, so auf die Zunge gebracht, daſs ein anderer Theil desselben zugleich das Zahnfleisch oder die Lippen berührte, einen *starken säuerlichen* Geschmack. Es stellte also dieser der Einwirkung einer Volta'schen Säule ausgesetzt gewesene Eisendraht gleichsam *zwei Metalle* vor. Nimmt man nun Marianini's oben angeführte Erfahrungen zu Hülfe, daſs Metalle, wenn sie eine Zeitlang in einer geschlossenen galvanischen Kette sich befinden, den entgegengesetzten el. Charakter von demjenigen annehmen, mit welchem sie ursprünglich in die Kette eingehen, aber nur so weit sie mit der Flüssigkeit in Berührung gekommen sind, und combinirt damit die aus den Erfahrungen des §. 40 hervorgehende Thatsache, daſs jeder trockene Erreger schon an sich allein eine Duplicität enthalte,

1 G. XI. 131.

2 Ebend. XXVII. 287.

vermöge welcher er mit einem homogenen feuchten Leiter beide Pole zugleich giebt, so liefse sich denken, daſs von je zwei solcher Silbernadeln in derjenigen, welche den Oxygenpol vorgestellt hatte, eine überwiegende negative Polarität, und in derjenigen, die als Hydrogenpol gedient hatte, eine überwiegende positive Polarität hervorgerufen worden sey, und zwar vorzüglich an den Endspitzen, an welchen der Conflict am lebhaftesten gewesen war, welches Ende dann mit dem andern weniger in seiner Polarität gesteigerten Theile der Silbernadel und mit der salpetersauren Silberauflösung eine einfache galvanische Kette bilden konnte, womit also zwei neue abgeleitete galvanische Ketten gegeben waren, wovon jede für sich ihren Hydrogenpol haben und demnach Reduction des Silbers geben muſste, jedoch überwiegend an derjenigen Nadel, in welcher durch die Einwirkung der Batterie die negative Polarität gesteigert worden war, oder die als Oxydationsdraht gedient hatte. Der einzige Umstand, welcher dann noch unerklärlich bleibt, ist, warum jene Reduction nur dann statt fand, wenn jene beiden Silbernadeln einander gegenüber standen, wenn gleich nicht metallisch mit einander zur Kette geschlossen, eine einzige für sich allein in die Röhre gesteckt dagegen keine Reduction gab. Ich habe den Versuch selbst einmal mit aller Sorgfalt wiederholt, jedoch kein positives Resultat erhalten.

Eine andere Classe von Erscheinungen, die hierher gezogen werden können, ist die schnelle Zersetzung des Wasserstoffhyperoxyds bei der Berührung mit dem *negativen* Erreger des Galvanismus. Daſs diese Zersetzung nicht auf gewöhnliche chemische Weise erfolge, ergiebt sich daraus am deutlichsten, daſs nicht diejenigen Metalle, welche die gröſsere Anziehung zum Sauerstoff haben, wie Zink, Eisen, Zinn, Blei u. s. w., sondern gerade die edlen Metalle diese Zersetzung so lebhaft bewirken[1], daſs ferner diese Zersetzung und fast mit Explosion erfolgende Entbindung des Sauerstoffgases auch durch metallische Hyperoxyde, wie namentlich die des Mangans, Kobalts und Bleis, so wie auch die Oxyde der edlen Metalle erfolgt, wobei die Oxyde, weit entfernt Sauerstoff aufzunehmen, häufig einen Theil ihres eigenen Sauerstoffs zugleich mit fahren lassen. Da nun gerade alle diese Körper zu den sehr stark negati-

1 L. Gmelin's Handbuch der theor. Chemie S. 152. 153.

ven Erregern gehören, so ließe sich vielleicht aus der starken el. Spannung, welche sie mit dem Wasserhyperoxyd eingehen, gleichsam aus der nur auf die erste Berührung eingeschränkten momentanen Wirkung diese Zersetzung erklären, ohne eine eigentliche Kettenwirkung anzunehmen, wie wir in den Ketten aus thierischen Theilen etwas ähnliches finden werden. BECQUEREL[1] hat zwar bei dieser Zersetzung einen wirklichen el. Strom durch Hülfe des Multiplicators und der Magnetnadel nachgewiesen, den er jedoch als Folge und Wirkung und nicht als Ursache der Zersetzung darzustellen sucht. Wenn man aber die Art, wie er seine Versuche angestellt hat, genauer prüft, so sieht man, daſs hierbei auch ganz unabhängig von der erfolgten Zersetzung und gleichsam noch vor derselben die Bedingungen zu einem el. Strome Statt fanden. Er brachte nämlich das süroxygenirte Wasser in ein Platinlöffelchen, das mit dem einen Ende des Multiplicators verbunden war, und tauchte nun in dasselbe das Platin unter der Form von Platinschwamm, wie man ihn durch Zersetzung des Platinsalmiaks erhält, das mit dem andern Ende des Multiplicators verbunden war. Im Augenblicke des Eintauchens fand die Zersetzung, aber auch der el. Kreislauf statt, wie die Magnetnadel zeigte, und zwar in der Richtung vom oxygenirten Wasser zum Schwamme, so daſs dieser sich also relativ positiv el. verhielt. Offenbar irrt aber BECQUEREL, wenn er glaubt, daſs das Platin von beiden Seiten eine ganz gleiche elektromotorische Wirkung auf das oxygenirte Wasser ausübte, und diese Wirkungen sich dennoch im Gleichgewichte halten müſsten; denn der Platinschwamm muſste aus drei Ursachen eine abweichende Wirkung von derjenigen des Platinlöffelchens ausüben, einmal weil er später mit der Flüssigkeit in Berührung kam, indem das Platin des Löffelchens, wie wenig es auch seyn mochte, doch etwas durch die Flüssigkeit verändert war, dann aber auch, weil aller Platinschwamm eine ganz andere Beschaffenheit der Oberfläche (weniger glatte) besitzt, wie das Löffelchen; endlich, weil er im Augenblicke des Eintauchens mit einer geringeren Oberfläche mit der Flüssigkeit in Berührung kam, und darum schon eine wirksame zweigliedrige Kette bilden muſste. Dasselbe gilt auch für die übrigen Metalle. Nur bei der Art, wie BECQUEREL die Oxyde,

1 Annales de Chemie et Phys. XXVIII. 19.

namentlich das Silberoxyd, anwendete, läſst sich eine solch Art der Kette nicht nachweisen; in diesem Falle ging aber auc der el. Strom in einer entgegengesetzten Richtung, nämlich vo dem Oxyde zum oxygenirten Wasser, und es lieſse sich darau erklären, daſs nun in der That augenblicklich eine Kette vo zwei Flüssigkeiten, nämlich dem noch nicht desoxydirten Hy peroxyde des Wassers, und dem an dem Platinzängelchen durc das in feines Flieſspapier gewickelte, von ihm festgehalten Silberoxyd zersetzten und zu Wasser reducirten Hyperoxyd gebildet wurde, die mit dem an den beiden Enden des Multi plicators befindlichen Platin eine wirksam geschlossene Kett darstellte.

42. In jeder wirksamen geschlossenen galvanischen Kette in welcher ein chemischer Proceſs statt findet, ist die el. Spannung, welche die nach dem bloſsen Schema der Linie an einander gereihten Körper zeigen, verschwunden, und es offenbaren sich in sofern an ihr keine el. Erscheinungen nach auſsen. Jäger führt unter seinen Versuchen über die el. Aeuſserungen der einfachen Kette [1], welche sich fast alle auf ihren ungeschlossenen Zustand beziehen, folgende zwei Versuche an: Vers. 28. Von zwei einander metallisch berührenden Platten, Zink und Kupfer, ist die eine mit der Erde in Verbindung, die andere ladet einen mit ihr homogenen Condensator mit dem Maximum von E., welches er überhaupt durch Berührung mit dem homogenen Metalle erhalten kann. Versuch 29. Sowohl die Zink- als die Kupferplatte ist mit der Erde verbunden, jede theilt unerschöpflich einem mit ihr homogenen Condensator ihre eigenthümliche E. mit, diese hat aber eine beträchtlich geringere Intensität als im vorigen Versuche.

Diese beiden Versuche stellen offenbar das Verhältniſs der offenen und geschlossenen Kette dar; denn wenn im letzteren Falle beide Metalle mit dem Erdboden in Verbindung stehen, so ist durch diesen und die Leiter nach demselben die Kette geschlossen. Bei dieser besondern Art der Kettenschlieſsung mag noch eine Spur von el. Spannung in den Metallen zurückbleiben, die sich dem Condensator mittheilt, weil die ableitenden Finger zu unvollkommene Leiter sind, um alle E. auszugleichen, die in der Berührung jener Metalle erregt wird. Verbindet man

1 G. XIII. 415.

aber die beiden Metalle durch einen guten Leiter von hinlänglich grofser Oberfläche, während jene sich nicht in mehreren Puncten berühren, als nöthig ist, mit Rücksicht auf ihr gröfseres Leitungsvermögen [1] kein gröfseres Quantum von Leitung zu geben, so wird der Condensator keine Spur von el. Spannung annehmen, man mag ihn durch einen isolirten Draht mit der Kupferplatte, dem feuchten Zwischenleiter oder der Zinkplatte in Berührung bringen, während man zugleich die geschlossene Kette an irgend einem Puncte ableitend berührt, jedoch unter der Bedingung, dafs die Condensatorplatte und der verbindende Draht mit dem jedesmal berührten Metalle von gleicher Beschaffenheit sind. Dieses gilt auf gleiche Weise für die Ketten aus einem trockenen Erreger und zwei feuchten Erregern, wie man z. B. zwei Scheiben von Pappe, deren jede mit einer besonderen Flüssigkeit getränkt ist und sich berühren, an ihren abgekehrten Flächen mit einer und derselben Metallplatte bewaffnet, diese selbst durch einen Metalldraht verbindet und so die Kette schliefst. Alle elektrische Thätigkeit, die in der geschlossenen Kette etwa statt finden möchte und auf deren unleugbares Daseyn wir aus anderweitigen Erscheinungen schliefsen, ist also gleichsam auf diese selbst eingeschränkt, geht nicht über ihre Grenzen hinaus, und kann also nicht in der Anhäufung der einen oder andern Art von E. und der damit gegebenen Spannung, die nach Ausgleichung strebt, sondern nur in dieser Ausgleichung selbst bestehen.

43. Die Wärmeentbindung, welche mit der Schliefsung der Kette eintritt, verräth am deutlichsten diesen inneren Conflict, und läfst uns die geheime Natur desselben erkennen. Diese Wärmeentbindung erscheint vorzüglich an den trockenen Erregern, die als Glieder in die Kette eingehen und erreicht einen um so höheren Grad, je kleiner die Masse desjenigen Theiles des trockenen Erregers ist, der zur Fortpflanzung der sich in der geschlossenen Kette immer erneuernden Thätigkeit dient; und je günstiger die Umstände für den chemischen Procefs in der Kette sind, je lebhafter dieser selbst als galvanisch-chemischer Procefs auftritt. Die beiden Extreme von galvanischen Apparaten, durch welche eine bis zum stärksten Weifsglühen gehende Wärmeerzeugung auf diese Art hervorgebracht werden

1 S. *Leiter*.

kann, sind einerseits WOLLASTON's *mikrogalvanischer Apparat*, andererseits HARE's *Calorimotor* oder *Deflagrator*, der aus einem einzigen galvanischen Elemente besteht.

Fig. 85. WOLLASTON[1] verfertigte sich ursprünglich seinen Apparat in seiner kleinsten Dimension aus einem silbernen Fingerhute, aus welchem er den Boden herausgenommen und dessen beide gegenüberstehende Wände er dann platt gedrückt hatte, so dafs sie nun nur noch etwa zwei Linien von einander abstanden. Sie hatten unten eine Breite von ungefähr 1 Z; oben von 0,8 Z. und ihre Höhe betrug nicht über 0,9 Z., daher eine Zinkplatte, welche bestimmt war, in den abgeplatteten Fingerhut hineingeschoben zu werden, nicht ganz eine Gröfse von 0,75 Quadratzoll haben durfte. Bevor die Zinkplatte hineingeschoben wurde, löthete er an sie einen kleinen Apparat von Drähten fest, welcher dazu bestimmt war, den galvanischen Kreis hervorzubringen. Darauf versah er die Seitenwände dieser Platte mit Siegellack, welches zur Befestigung derselben an die inneren Seiten des Fingerhutes diente, und verhinderte, dafs beide Metalle nicht in unmittelbare metallische Berührung mit einander kamen. An die beiden Ecken des obern Randes des abgeplatteten Fingerhutes wurde ein hinlänglich dicker und gehörig gebogener Draht mit seinen beiden Enden angelöthet. Er diente sowohl als Handhabe für den Apparat, an welcher man denselben während des Versuches halten konnte, als auch als Gestell, an dem sich die von der Zinkplatte ausgehenden Verbindungsdrähte fest machen liefsen. Dieser leitende Theil des Apparats bestand erstlich aus zwei Platindrähten von $\frac{1}{70}$ Z. Durchmesser, jeder 1 Z. lang, und zweitens aus einem andern höchst feinen Verbindungsdrahte von Platin. Jene beiden Drähte wurden an zwei verschiedenen Stellen durch Glaskügelchen so an einander befestigt, dafs von jedem das eine Ende mit der Mitte des andern durch Glas zusammenhing, und darauf wurden sie verzinnt, sowohl an ihren Enden, um damit an die Zinkplatte und an den zum Griff dienenden Silberdraht angelöthet zu werden, als auch an den Theilen, welche in ihrer Mitte parallel neben einander lagen, und wo der von WOLLASTON zuerst dargestellte höchst feine Verbindungsdraht angebracht werden sollte[2]. WOLLASTON

1 G. LIV. 1.

2 Ueber die Verfertigungsart solchen Drahtes. S. Th. II. S. 503.

brachte dann auf die Puncte, wo der feine Platindraht die vorher genannten dickeren Drähte berühren sollte, ein Atom Salmiak und dann liefs sich das Löthen ohne Schwierigkeit bewerkstelligen, die beiden freien Enden des Drahtes, mit den kleinen Silberknöpfchen an ihnen, vermittelst deren sie straff angezogen werden, liefsen sich alsdann leicht fortnehmen. Die beiden dickeren Platindrähte müssen einander in der Mitte so nahe wie möglich seyn, damit man die Länge des feinen Verbindungsdrahtes bis auf $\frac{1}{30}$ ja $\frac{1}{50}$ eines Zolles herabbringen kann, wovon das Gelingen des Versuches wesentlich abhängt. Die Figur stellt den Apparat eingetaucht in die Säure LL vor, wie er sich aus einem seitwärts und höher liegenden Augenpuncte darstellt. BCDE ist die vordere Fläche des abgeplatteten Fingerhutes, in welchen man von oben her bei BC hineinsieht. Den besonders gezeichneten Grundrifs des obern Randes zeigt noch deutlicher die Platte in der Mitte. BAC ist der an dem obern Rande angelöthete zum Henkel dienende, Silberdraht und ZA stellt die beiden stärkeren Platindrähte vor, von denen der eine an die Zinkplatte in Z, der andere an den silbernen Henkel in A angelöthet ist; jedes derselben geht durch eines der Glaskügelchen durch, und endigt in dem anderen. Der ganz feine Platindraht ist zwischen dem Glaskügelchen auf den beiden dikkern Platindrähten angelöthet, und durchschneidet sie senkrecht, er ist zu fein, als dafs der feinste im Kupferstiche noch sichtbare Strich nicht viel zu grob wäre, um ihn richtig darzustellen, daher man ihn in der Figur nicht sieht. Die Säure, welche Wollaston zu dem Versuche mit diesem Apparate gebraucht, besteht aus einem Mafs Schwefelsäure und 50 Mafs Wasser. In diese taucht er den Apparat bis beinahe an den obern Rand der Platte hinein, und sogleich glüht der feine Platindraht. Zwar bleibt er nicht dauernd glühend, aber doch mehrere Secunden lang, wenn man ihn eingetaucht läfst. Ich besitze einen ganz ähnlichen Apparat, zu welchem die gegebene Figur vollkommen pafst, nur dafs dem abgeplatteten silbernen Fingerhute gleichsam ein Mantel von Kupfer substituirt ist, und die dicken Drähte, zwischen welchen der feine Platindraht sich befindet, von Silber sind. Letzterer ist so fein, dafs er nur durch Hülfe einer guten Loupe gesehen wird. In Salzsäure eingetaucht, glüht der Draht im Dunkeln sehr stark roth, und erscheint dann von einem merklichen Durchmesser. Doch nimmt das

Glühen schnell ab, und nach 1 oder 2 Secunden hört es gänzlich auf. Nachdem ich diesen Apparat einigemal zu verschiedenen Zeiten gebraucht hatte, versagte er seinen Dienst, und eine nähere Untersuchung belehrte mich, daſs der feine Draht an seiner Stelle fehlte. Ob er vielleicht abgeschmolzen worden war? Da ich eine gute Länge eines Wollaston'schen, mit Silber bedeckten Platindrahtes besitze, so wurde der Schaden nach Wollaston's Anleitung wieder gut gemacht, und der Apparat leistet wieder seine Dienste.

Die groſse Wirksamkeit dieses in seinen Dimensionen so kleinen Apparats hängt wesentlich von folgenden Bedingungen ab. 1. Daſs die Silber- oder Kupferplatte eine doppelt so groſse Oberfläche, wie die Zinkplatte hat, und sie in einem geringen Abstande etwas umgiebt. 2. Daſs bei der Schlieſsung der Kette durch eine Flüssigkeit fast die ganze Oberfläche beider Platten mit derselben sehr schnell in Berührung gebracht werden könne. 3. Daſs der feuchte Leiter von einer Beschaffenheit ist, um eine vorzügliche galvanische Erregung zu geben, und 4. daſs der verbindende Platindraht, auf welchen die ganze Thätigkeit der geschlossenen Kette sich concentrirt, so auſserordentlich dünn und kurz ist.

Wenn man die Oberfläche der Metalle, die mit dem feuchten Leiter zugleich in Berührung kommen, vergröſsert, so kann man auch die Dicke und Länge des Verbindungsdrahtes verhältniſsmäſsig vergröſsern, und doch noch denselben in das stärkste Glühen versetzen. Ein solcher einfacher Elektromotor von einer sehr groſsen Oberfläche ist Hare's *Deflagrator* oder *Calorimotor,* dem er diesen Namen wegen seiner groſsen Wirksamkeit, Wärme zu erzeugen, ertheilt hat, statt dessen er aber später sich noch mit mehr Vortheil einer besonders dazu eingerichteten Volta'sche Säule bediente[1]. Es lassen sich verschiedene Einrichtungen ausführen, um einen einfachen Elektromotor von sehr groſser Ausdehnung zu erhalten. Hare[2] befestigte 20 Kupfer und 20 Zinkplatten von ungefähr 19 Quadratzoll Gröſse senkrecht in einen Rahmen, so daſs die beiderlei Metallflächen einen halben Zoll weit von einander standen. Alle Platten von einerlei Metall waren an einen Streifen gelöthet, so daſs alles Metall

1 Vgl. Berzelius Jahresbericht III. Jahrgg. S. 19.
2 Schweigg. Journ. XXVI. 313.

von einer Art eine fortlaufende (communicirende) Fläche ausmachte. Wenn die auf diese Weise vorgerichtete Kupfer- und Zinkfläche dann mit einem verbindenden Drahte versehen wurde, der den Kreis schloſs, und das Ganze in einem nicht leidenden Gefäſse in eine Säure oder essigsaure Auflösung von Kochsalz eingetaucht wurde, so ward der Draht glühend, und das Wasserstoffgas, das sich entwickelte, entzündete sich und gab eine schöne, wellenförmige Flamme. Wurden dagegen, statt die Platten auf diese Art abwechseln zu lassen, alle Zinkplatten auf die eine und alle Kupferplatten auf die andere Seite des Rahmens gebracht, so war die Wirkung aller nicht gröſser, wie die eines einzigen Plattenpaars. Noch besser und in einem kleineren Raume wird der Zweck, die Platten mit der gröſstmöglichen Oberfläche einander so nahe wie möglich zu bringen und den Zwischenraum der Schicht des flüssigen Leiters soviel wie möglich zu reduciren erreicht, wenn man sie in zwei concentrische Windungen oder Spiralen gebracht, anwendet. Der verbindende Eisendraht kam noch in das stärkste Glühen, wenn er auch eine Dicke von $\frac{1}{8}$ Zoll hatte und Platindraht von einem Durchmesser von No. 18 wurde geschmolzen. Die auſserordentliche Wirksamkeit dieses Apparats zeigte sich auch dadurch, daſs durch den glühenden Eisendraht ein fixes Laugensalz augenblicklich zersetzt werden konnte. Denn wenn der verbindende Eisendraht während des Glühens mit Kalihydrat in Verbindung gesetzt wurde, so zeigte sich sogleich durch eine rosenfarbene Flamme die Verflüchtigung des Kaliums. Hare nahm als erregende Flüssigkeit gewöhnlich ein Gemisch von 1 Theil Schwefelsäure mit 2 Theilen Kochsalz und 7 Theilen Wasser, aber zu seinem Erstaunen erhielt er mit einer durch den Geschmack kaum zu erkennenden alkalischen Lösung beinahe Weiſsglühhitze, und ihm zufolge übertraf eine stärkere alkalische Lauge alle übrige Flüssigkeiten.

Den gröſsten *Deflagrator* von ähnlicher Art brachte Children in Anwendung[1]. Seine Platten hatten eine Länge von 6′ und eine Breite von 2′ 8″ folglich von beiden Seiten 32 Quadratfuſs, die Zahl der Zinkplatten war 16 und die der Kupferplatten 32, indem jede Zinkplatte von zwei Kupferplatten umgeben war (sie hingen an einem Rahmen, der durch Seile und

1. G. LII. 353.

Rollen mit leichter Mühe niedergelassen werden konnte und wurden in Tröge von gut überfirnifstem Holze eingetaucht). Um nun diese Volta'sche Batterie, die aus 16 Abwechselungen bestand in ein einziges Plattenpaar oder in ein einfaches Säulenelement zu verwandeln, zerschnitt Children die Bleistreifen, durch welche die Zinkplatten mit den Kupferplatten in jedem der einzelnen Elektromotoren verbunden waren, und verband alle Zinkplatten durch Bleistreifen so mit einander, dafs sie eine einzige Platte von $21 \times 32 = 672$ Quadratfufs Oberfläche vorstellten; dieselbe Anordnung traf er mit allen Kupferplatten, deren Oberfläche also, wie in dem kleinen Wollaston'schen Elektromotor doppelt so grofs war, wie die Zinkoberfläche. Diese beiden ungeheuern Metallflächen wurden nun auf gleiche Art, wie bei dem Wollaston'schen Apparate durch einen feinen Platindraht von $\frac{1}{3000}$ Z. Durchmesser und $\frac{1}{30}$ Z. Länge verbunden. So zugerichtet wurde dieser einfache Elektromotor in jenen Trögen in die Flüssigkeit, die aus 50 Theilen Wasser, $\frac{3}{4}$ Theilen Salpetersäure und $\frac{1}{4}$ Theilen Schwefelsäure bestand, heruntergelassen, es war aber nicht die geringste Spur von Glühen des kleinen verbindenden Platindrahtes zu bemerken. Wollaston schreibt diesen Erfolg der zu grofsen Dünne des Drahtes zu, indem der erkältende Einflufs der umgebenden Luft das hauptsächlichste Hindernifs des Glühens ist, bei einem dickeren Drahte aber dieser Einflufs verhältnifsmäfsig geringer ist gegen die Menge der durchgeleiteten E. und der davon abhängigen Erwärmung, indem diese im Verhältnifs der Masse steht, wie Davy's Versuche für die Durchleitung der galvanischen E. aufser allen Zweifel gesetzt haben[1], folglich bei solchen cylindrischen Metalldrähten wie das Quadrat des Durchmessers wächst, wogegen die Abkühlung nur auf die Oberfläche wirkt, und folglich wie diese nur im einfachen Verhältnisse des Durchmessers zunimmt. Sollte aber der Grund dieser auffallenden Erscheinung nicht vielmehr in einer zu starken Wirkung einer zu grofsen Quantität von E. liegen, durch welche der Draht gleichsam zerstört, d. h. in Dampf verwandelt wurde, gerade so wie zu heftige Entladungen grofser Batterien einen dünnen Eisendraht nicht zum Glühen oder zum Schmelzen zu vielen glühenden Kügelchen bringen können, weil sie ihn augenblicklich in Dampf verwandeln?

1 s. *Leiter*.

Wenigstens sieht man durchaus nicht ein, warum eine auch nur gleiche Quantität von E. durch den feinen Platindraht vermöge dieses ungeheuern Elektromotors hindurch getrieben, wie vermöge des Wollaston'schen mikrogalvanischen Apparats nicht dieselbe Wirkung bei aller äufsern Erkältung hervorbringen sollte; und eine kleinere Quantität im ersteren Falle anzunehmen, würde eine wahre Ungereimtheit seyn.

Wir haben oben Hare's Vorschlag zur Verfertigung eines solchen einfachen Elektromotors aus spiralförmig auf einander gerollten Platten erwähnt, wodurch besonders der Vortheil erreicht wird, in dem kleinstmöglichen Raume und also mit dem geringsten Aufwande des flüssigen Leiters die möglichst grofse Berührungsfläche der Metallplatten mit letzterem zu erhalten. Eine zweckmäfsige Einrichtung dieser Art ist der nach der Angabe des Ingenieur-Obristlieutenants Offerhaus angegebene [1]. Die punctirte Linie stellt die Platte von dünnem Messingbleche dar, welche 4,6 Meter (ungefähr 15 Fufs) lang und 0,41 (ungefähr 1,3 Fufs) breit ist, und mit ihrem einen Ende an den hölzernen Stab C angenagelt ist, welcher der Spirale zum Kern dient. Die ausgezogene Spirale stellt die eben so breite, aber nur 3,73 Meter (etwas über 12 Fufs) lange Tafel gewalzten Zink vor. Beide werden durch zwei Gitter, verfertigt aus Weidenstäben, die 2,25 Lin. von einander abstehen, und aus gemeinem Bindfaden, aufser Berührung mit einander gehalten. Auf die Messingtafel wird, nachdem sie an dem hölzernen Stabe befestigt ist, das eine Gitter, auf dieses die Zinktafel und auf sie das zweite Gitter gelegt, dann alles zusammengerollt, was sich ohne Schwierigkeit bewerkstelligen läfst, die Rolle hinlänglich mit einer Hanfschnur umwickelt und in den cylindrischen hölzernen Trog DD, welcher mit säuerlichem Wasser gefüllt ist, und nur einen Durchmesser von 13,5 Zoll hat, gesetzt. An den Enden der beiden Platten sind Drahtarme, an welchen man mittelst des Drahtstabes AB schliefst. Dieser Apparat soll nun zwar das Wasser nicht zersetzen, auch keine andere chemische Wirkung zeigen, aber den 5 Millimeter (2,5 Lin.) dicken Schliefsungsdraht merklich warm machen, und einen $\frac{1}{4}$ Millimeter dicken Platindraht, dessen Länge nicht näher angegeben ist, den man zwischen die beiden Platten spannt

Fig. 86.

1 G. LXIX. 198.

zum Rothglühen bringen. Ohne Zweifel würde dieser Appa eine noch viel gröfsere Wirkung hervorbringen, wenn d Zinkplatte, wie in dem Wollaston'schen Apparate, von ein doppelten Messingplatte umschlossen wäre (vergl. 34.) und m würde dieselbe Wirkung bei unveränderter Messingplatte erha ten, wenn man auch eine 6—8 mal schmälere Zinkplatte, w die Messingplatten, in Anwendung brächte. Dafs ein solch Plattenpaar *gar keine* chemische Wirkung gebe, hat indefs n seine Richtigkeit für eine Gasentbindungsröhre, in welche ma von den beiden Metallplatten aus, auch wenn sie nur *durc* den feinsten Metalldraht noch aufserdem verbunden wären Drähte hineingehen liefse, denn in der Flüssigkeit selbst, in welche ein solcher einfacher Elektromotor eingetaucht wird, *fin*det allerdings ein sehr lebhafter Oxydationsprocefs an der Oberfläche des Zinks und Entbindung von Wasserstoffgas an der Oberfläche des Messings statt, und das Totalquantum dieses Processes steht, wie sich von selbst versteht, mit der Gröfse der Oberfläche selbst im Verhältnisse.

In Rücksicht auf den Umstand, dafs das Glühen des Verbindungsdrahtes zwischen den beiden Platten eines solchen Deflagrators aufhört, wenn die saure Flüssigkeit einige Augenblicke gewirkt hat, und dafs dieses Entglühen durch denselben Apparat nicht wieder hervor zu bringen ist, bevor er aus der erregenden Flüssigkeit eine Zeitlang entfernt worden, hat Hare[1] die interessante Erfahrung gemacht, dafs diese Wiedererlangung der glühendmachenden Kraft nicht statt findet, wenn nach der Entfernung aus der Säure das Plattenpaar umgeben ist von Hydrogengas, von Salpetergas, oder von kohlensaurem Gas, dafs dasselbe aber umgeben von Chlorgas oder Oxygengas seine Kraft ungefähr in derselben Zeit erlangt, als wenn es der atmosphärischen Luft ausgesetzt ist. Schweigger meint, dieser Erfolg beruhe vorzüglich auf der Auflösung des an der negativen Metallfläche reducirten positiven Metalls, daher er auch das unter sonst geeigneten Umständen gleichfalls durch Salmiakwasser zu bewirkende Glühen länger fortdauern gesehen habe, als durch saure Flüssigkeiten, indem dabei das frei werdende und auf das Kupfer wirkende Ammoniak von günstigem Einflusse sey.

1 Schweigg. Journ. N. R. XIII. 87.

44. Eine fernere höchst merkwürdige Erscheinung, die mit der Schliefsung der Kette gegeben ist, und während ihres Geschlossenseyns fortdauert, ist die eigenthümliche Form von magnetischer Thätigkeit, die in den festen Erregern und insbesondere in dem Schliefsungsdrahte hervorbricht, welcher in den Ketten aus zwei festen Erregern und einem flüssigen die beiden ersteren, und in den Ketten aus einem festen und zwei flüssigen Erregern die homogenen Metallplatten, durch welche die Flüssigkeiten armirt sind, mit einander verbindet, vollends zum Kreise schliefst. Indefs ist dieser höchst wichtige Theil der Lehre vom Galvanismus schon unter dem besondern Artikel des *Elektromagnetismus*[1] ausführlich abgehandelt und ich füge daher nur noch einiges nachträglich hinzu, was mit der Theorie des Galvanismus in näherer Verbindung steht. Als Resultat der vielen über diesen Gegenstand gemachten Beobachtungen mag zuvörderst hier hervorgehoben werden, dafs alle diejenigen Umstände, welche der Wärmeentbindung in dem Schliefsungsdrahte durch die Thätigkeit der geschlossenen galvanischen Kette günstig sind, in gleichem Verhältnisse die Intensität der magnetischen Thätigkeit verstärken, mit Ausnahme der besonderen Verhältnisse des Verbindungsdrahtes selbst, welche allerdings nach andern Gesetzen die Verstärkung der magnetischen Wirksamkeit, wie diejenige der Wärmeentbindung bestimmen, in so fern nämlich die Vergröfserung der Dimensionen des Verbindungsdrahtes sowohl der Dicke als der Länge nach und insbesondere unter der Form des *Multiplicators* die magnetische Thätigkeit nach aufsen verstärken, während eben damit die Wärmeerzeugung abnimmt. Doch darf man daraus nicht schliefsen, dafs diese beiden Wirkungen der galvanischen Thätigkeit etwa in dem Sinne im umgekehrten Verhältnisse mit einander ständen, dafs die eine gleichsam an die Stelle der andern träte, denn vielmehr erhellet namentlich aus Davy's Versuchen [2], dafs soweit durch Vergröfserung der Oberfläche des einfachen Elektromotors die Hitze in dem Leitungsdrahte noch zunahm, auch seine magnetische Wirksamkeit nach aufsen noch wuchs, und dünner Platindraht, der durch drei Batterieen so heftig glühend gemacht wurde, dafs er nahe am Schmelzen war, zeigte die

1 Th. III. 1ste Abth. S. 473—647.

2 G. 1822. II. 28.

stärksten magnetischen Wirkungen, indem er Stahlnadeln aus einer bedeutenden Entfernung anzog.

Aus dem Artikel über den Elektromagnetismus und aus Nr. 17. dieses Artikels hat man bereits ersehen, wie die Magnetnadel durch Hülfe des Multiplicators vorzüglich geeignet ist, die schwächsten Grade der galvanischen Thätigkeit einer geschlossenen Kette, oder den leisesten el. Strom, der in derselben statt findet [1], quantitativ und qualitativ (nach Stärke und Richtung) durch die Gröfse und Art ihrer Abweichung zu offenbaren. Der Einfluſs aller Bedingungen und jeder, auch der kleinsten, Modificationen derselben auf die galvanische Action in der geschlossenen Kette kann also durch diese Experimente am leichtesten erkannt werden. Manche sonderbare Erscheinungen haben sich bei diesen Versuchen ergeben, die vorzüglich zum Prüfstein der verschiedenen Theorien des Galvanismus benutzt werden können. Dahin gehören namentlich die von mehreren Physikern angestellten Versuche über die galvanische Wirksamkeit einer zweigliedrigen Kette unter besondern Umständen, welche einem homogenen Metalle, das in zwei Stücken angewandt wird, den Werth zweier heterogener Metalle verschaffen. Die erste Beobachtung dieser Art machte Oersted [2]. Er fand nämlich, daſs wenn man zwei gleiche Zinkbleche nimmt, die mit den Enden eines Multiplicators verbunden sind, das eine aber früher in die Flüssigkeit, durch welche der Kreis geschlossen wird, hineintaucht, das zuletzt eingetauchte sich wie Kupfer verhalte, wenn das zuerst eingetauchte als Zink betrachtet wird, oder nach der Vorstellungsart eines einfachen el. Stromes in einer geschlossenen wirksamen galvanischen Kette die Strömung von dem zuletzt eingetauchten nach dem früher eingetauchten gehe. v. Yelin [3] hat ähnliche Versuche angestellt und mannigfaltig abgeändert. Nach ihm zeigt sich diese Wirksamkeit auch ohne Hülfe des Multiplicators. Giebt man
Fig. 87. nämlich dem einen Metalle die in der Zeichnung ausgedrückte Form, so daſs von den beiden Enden des Bogens in der einen Form das hintere Ende, in der andern das vordere Ende das

1 S. *Theorie.*
2 Schweigg. N. R. III. 163.
3 G. LXIII. 365.

längere sey, setzt den 4 bis 5 Lin. breiten und ¼ Lin. dicken Fig. 88.
Bogen auf einen Träger, und hängt dann mittelst eines Hakens die an einem Spinnenfaden schwebende feine Magnetnadel zwischen beide Arme des Bogens, deren Abstand m n so wenig als möglich betragen darf, und führt dann von unten nach oben ein mit einer Säure oder Salzauflösung gefülltes Cylinder-Gläschen dergestalt an den herabhängenden Enden des Bogens herauf, daſs zuerst das eine, sodann das andere dieser Enden eingetaucht und naſs gemacht wird, so weicht der Nordpol der Magnetnadel mehr oder minder nach Ost oder West aus und es geben dabei die entgegengesetzten Stellungen der Bogen auch entgegengesetzte Resultate, wenn das geschlossene Ende des Bogens einmal gegen N., das anderemal gegen S.; und eben so das zuerst eingetauchte Ende das einemal das hintere oder nach S., das anderemal das vordere oder nach N. gekehrte ist, und zwar verhält sich nach v. Yelin's Aussage das zuerst eingetauchte Metall als das relativ mehr positive, das zuletzt eingetauchte als das relativ mehr negative. So verhielt sich in seinen Versuchen das Zinn in Salzsäure, Ammoniak, Natron und Salmiakauflösung, in Kalilauge dagegen gerade auf die umgekehrte Weise. Nicht alle Metalle zeigten indeſs dasselbe Verhalten, und zwar scheinen nach der darüber mitgetheilten, eine groſse Zahl von Metallen umfassenden, Tabelle, die mehr elektronegativen Metalle, wie Platin, Gold, Silber, gerade das entgegengesetzte Verhalten zu beobachten, doch nur in Beziehung auf die Salzsäure, da mit andern Flüssigkeiten das Verhalten mehr gleichartig ist, insbesondere mit der concentrirten Salpetersäure. Es scheinen jedoch noch viele andere Umstände, die nicht immer genau zu bestimmen sind, auf die Art, wie sich zwei solche Platten eines und desselben Metalls, die nach einander in eine Flüssigkeit eingetaucht werden, gegen einander verhalten, ihren Einfluſs zu äuſsern, und da diese Umstände sich während des Versuchs oft schnell ändern können, so erklärt sich hieraus das oft so auffallende Schwanken der Magnetnadel, das Uebergehen der westlichen in die östliche Abweichung und umgekehrt während der Dauer des Versuchs. Marianini's schon oben Nr. 22. mitgetheilte Erfahrungen über den Einfluſs verschiedener Umstände auf die Abänderung des elektromotorischen Charakters eines und desselben Metalls machen solche Erscheinungen begreiflicher. Uebrigens bestätigte auch

Mariannini [1], dafs von zwei sonst vollkommen gleichen Zinkplatten die zuletzt nach einem Zwischenraume von einer Minute in eine Auflösung von Kochsalz eingetauchte sich negativ verhalte. Dasselbe finde er auch beim Blei, Eisen und Zinn, jedoch in einem viel schwächeren Grade, dagegen nahm er beim Messing, Kupfer, Silber, Gold, Platin und Graphit keine ähnliche Wirkung wahr. Berzelius hält die Ursachen dieser Erscheinungen für ganz einfach [2]. Der zuerst eingetauchte Theil, meint er, werde von der Flüssigkeit angegriffen, und büfse die Glätte der Oberfläche ein; aber glatte Flächen werden weniger leicht angegriffen als rauhe, oder vorher angegriffene, weswegen dieser Umstand so wirkt, als bestände das zuletzt eingetauchte Ende aus einem mehr elektronegativen d. h. weniger leicht auflöslichen Metalle, welche Wirkung noch durch den erregten el. Strom unterstützt werde und eine Weile fortdauere. Diese Erklärung reicht indefs nicht hin, um das entgegengesetzte Verhalten in einer Kalilauge und in concentrirter Salpetersäure begreiflich zu machen, es wäre dann, dafs man annähme, dafs hier eine andere Ursache in entgegengesetztem Sinne wirke, welche den Einflufs der ersten Ursache gänzlich aufhöbe und selbst noch einen Ueberschufs von Wirkung gäbe. Allerdings liefse sich die stark oxydirende Wirkung der Salpetersäure auf die Metalle und die gleichfalls das Zinn und Zink stark angreifende Wirkung einer Kalilauge zur Erklärung gebrauchen, da die Oxydation die Tendenz hat, ein Metall mehr elektronegativ zu machen. v. Yelin machte die merkwürdige Erfahrung, dafs von zwei Zinkstäbchen dasjenige, welches in concentrirte Salzsäure zuletzt eingetaucht worden war und sich also als das relativ mehr positive verhielt, diese Eigenschaft geraume Zeit beibehielt, auch wenn man in nachfolgenden Versuchen das andere Zinkstückchen später eintauchte, sie auch nicht durch Abwaschen und Abtrocknen verlor, dafs sich aber ähnliche Zinkstäbchen in eine Kalilauge eingetaucht anders verhielten. Wurde nämlich das eine Zinkstäbchen, welches mit dem Nordende des Multiplicators in Verbindung stand, zuerst, und dann erst das mit dem Südende verbundene Zinkstäbchen eingetaucht, so wich die Nadel gerade wie in dem Versuche mit der Salzsäure

1 Schweigg. N. R. XIX. 43.

2 Vierter Jahresbericht S. 22.

ab, so dafs das zweite Stäbchen die Rolle des positiven Metalls spielte. Es behielt aber diese Eigenschaft nicht permanent bei, sondern wenn die beiden Stäbchen wieder herausgenommen wurden und dann das am Südende hängende Stäbchen zuletzt eingetaucht wurde, so hätte dieses vielmehr nun die positive Rolle übernommen, und das früher positive verhielt sich als das negative Glied. Dieses so merkwürdig verschiedene Verhalten läfst sich nach der Hypothese von Berzelius nicht leicht erklären. Es bedarf kaum der Erinnerung, dafs in allen diesen Versuchen dasjenige Metall, welches zuerst eingetaucht ist, im Augenblicke der Schliefsung der Kette, die schon mit der ersten Berührung der Flüssigkeit durch den andern Schenkel statt findet, mit einer gröfseren Oberfläche wirkt, und dafs sich also stets der Einflufs einer solchen zweigliedrigen Kette, wie sie Nr. 39. beschrieben worden ist, auf die Bestimmung des Erfolgs mit einmischt.

Andere hierher gehörige Versuche, die von van Beeck in Utrecht[1], Förstemann[2], Pohl[3], angestellt worden sind, werden in dem theoretischen Theile, wo von dem Verhalten des el. Stromes näher die Rede seyn wird, passender ihre Stellen finden.

46. Die bisher aufgezählten Hauptclassen von Erscheinungen betreffen diejenigen Ketten, deren Glieder blofs aus der unorganischen Natur abstammen. Sind aber diese Glieder Ketten aus den organischen Reihen, oder Theile derselben, in welchen die dieser Classe eigenthümlichen Kräfte thätig seyn können, so zeigen sich zugleich Reactionen dieser Kräfte, die wir mit dem allgemeinen Namen der Lebenskraft bezeichnen wollen, und die Form des galvanischen Processes wird in diesen Theilen wesentlich durch die Concurrenz dieser Kräfte mit bestimmt und modificirt. Man kann, da das allgemeinste Verhältnifs der Lebenskräfte mit äufseren Potenzen, durch welches sie zur Thätigkeit aufgeregt werden, unter den Begriff eines Reizverhältnisses gebracht wird, die galvanische Action in einer geschlossenen Kette, in welche mit Lebenskraft begabte Theile als Glieder eingehen, eben darum den galvanischen

1 G. LXXIII. 433.
2 Kastner's Archiv I. 24.
3 Der Procefs der galv. Kette S. 1 ff.

Reizprocefs nennen. In der ersten Epoche des Galvanismus bis zur Entdeckung der Säule wurden die galvanischen Versuche fast ausschlieſslich mit solchen Ketten angestellt, und dadurch eine Menge von interessanten Thatsachen gewonnen, die zur Aufklärung der damals noch so verborgenen Natur des sogenannten galvanischen Agens wesentlich beitrugen. Wenn nun gleich diese Thatsachen nunmehr von einem geringeren Interesse zu seyn scheinen, nachdem die Volta'sche Säule auf eine so überraschende Weise ein so helles Licht über dieses Gebiet von Erscheinungen verbreitet hat, so verdienen sie doch schon der Vollständigkeit wegen hier noch berücksichtigt zu werden, aber auch darum, weil sich gerade in diesen Erscheinungen die leisesten Nüancen und Abänderungen in der galvanischen Thätigkeit und dem galvanischen Verhältnisse der Körper gegen einander noch sicherer verrathen, als wohl in jeder anderen der bisher abgehandelten Erscheinungen, wie sie dann auch schon oben zur Bestimmung der Spannungsreihe der Erreger des Galvanismus zur Hülfe genommen worden sind. Auſser den für die Lehre vom Galvanismus wichtigen Resultaten, die aus diesen Versuchen gezogen werden können, lieferten sie auch interessante Ergebnisse für die Lehre von der Lebenskraft selbst, die ich aber hier nur sehr kurz berühren werde, da sie nicht sowohl in die allgemeine Physik, als vielmehr in die besondere Physik der organisirten, mit Lebenskraft begabten, Körper, die Physiologie gehören.

Diese Versuche sind am häufigsten mit präparirten Froschschenkeln angestellt werden, deren Zubereitung zu diesen Versuchen bereits oben Nr. 15. näher angegeben worden ist. Das Eintreten oder die Abwesenheit der Zusammenziehungen, die Art, Stärke und Dauer derselben, verrathen den geheimen Procefs, der gleichsam aus der Kette in dieser sichtbaren Bewegung nach auſsen hervorbricht. Es sind aber hierbei stets zwei Factoren, welche das Product bestimmen, nämlich einerseits die *Stärke* und *Art* des Reizes, welcher von der hierbei statt findenden, im engeren Sinne galvanischen, Action der Kettenglieder auf einander abhängt und die *Stärke* und *Art* der Erregbarbeit selbst. Wären die mannigfaltigen Modificationen der Erregbarkeit in dieser doppelten Rücksicht an und für sich und unabhängig von galvanischen Versuchen durch gewisse äuſsere Merkmale und Erscheinungen erkennbar, so würden sich diese

Versuche ganz dazu eignen, die Bedingungen, von welchen die mannigfaltigen Bestimmungen der galvanischen Action in geschlossenen Ketten abhängen, festzusetzen, indem wir dann mit Sicherheit aus zwei bekannten Gröſsen, nämlich der Bewegung als dem Producte und der Reizbarkeit als dem einen Factor die dritte, die mit ihnen in einer Gleichung verknüpft ist, nämlich die galvanische Action, die als Reiz den andern Factor bildet, bestimmen könnten. Daran fehlt aber sehr viel, und eben darum ist immer sehr groſse Vorsicht in den Schlüssen, welche wir aus diesen Versuchen auf die nähere Natur der galvanischen Action selbst machen, erforderlich, und mir selbst, der ich seit mehr als dreiſsig Jahren viele Tausende solcher Versuche angestellt habe, sind Anomalien hierbei vorgekommen, von denen ich bis jetzt noch nicht vollständige Rechenschaft geben kann. Daſs indessen diese Versuche ihrerseits wieder am meisten dazu geeignet sind, über die verschiedenen Modificationen der Erregbarkeit Aufschluſs zu geben, leuchtet ein, da wir die Verschiedenheit der galvanischen Action in verschiedenen Ketten auch noch durch andere Hülfsmittel zu bestimmen im Stande sind, und folglich das seiner Quantität und Qualität nach verschiedene Product bei Gleichheit des einen Factors, nämlich der Kette als solcher, auf eine Verschiedenheit des andern Factors hinweiset.

Ritter[1] hat zwei Hauptclassen solcher Reizversuche unterschieden, wovon er die eine ächte, die andere pseudogalvanische Versuche genannt hat. Zu ersteren rechnet er alle diejenigen, welche von Ketten abhängen, denen der allgemeine Character der wirksamen galv. Ketten zukommt, daſs nämlich die mit der Schlieſsung der Kette eintretende Action während des Geschlossenseyns der Kette fortdauert; letztere sollen von Ketten abhängen, bei welchen zwar im Augenblicke der Schlieſsung und Trennung eine Action eintritt, die als Reiz auf die Nerven wirkt, während des Geschlossenseyns der Kette selbst aber ein Ruhestand oder Gleichgewicht erfolgt, und mit dem Aufhören der eigentlich galvanischen Action auch jede fernere Reizung aufhört. Diese sogenannten pseudogalvanischen Versuche sollen mit einigen anomalen Versuchen auch hier besonders betrachtet werden, da ihre Deutung für die Theorie des

1 Gehl. J. VI. 431.

Galvanismus nicht ohne Interesse ist. Zuerst wenden wir uns aber zu den ächten Reizversuchen.

47. Man kann bei denselben folgende Arten von Ketten unterscheiden: a. solche in welche bloſs thierische Theile als Kettenglieder eingehen, b. solche, in welchen auſser diesen noch andere Erreger und Leiter des Galvanismus concurriren. Letztere zerfallen dann wieder in drei Hauptclassen: 1. in solche, wo die hinzukommenden Körper bloſs Erreger der zweiten Classe sind, 2. solche, wo trockene Erreger, 3. solche, wo trockene und noch anderweitige feuchte Erreger neben den thierischen Theilen in die Kette mit aufgenommen werden. Die befolgte Ordnung ist zugleich diejenige, in welcher die Ketten in Rücksicht auf die Stärke der von ihnen abhängigen galvanischen Action und des dadurch bewirkten Reizes zunehmend auf einander folgen.

Wie schon oben in der Geschichte des Galvanismus bemerkt worden, wurde in der ersten Epoche desselben ein lebhafter Streit darüber geführt, ob auch Ketten aus bloſs thierischen Theilen durch eine im engern Sinne galvanische Action ohne eine etwa dabei statt findende anderweitige, insbesondere mechanische, Reizung wirksam seyen. Dieser Streit ist jetzt längst geschlichtet und durch eine Menge von Versuchen sehr verschiedener Experimentatoren die galvanische Wirksamkeit solcher Ketten auſser allen Zweifel gesetzt. Insbesondere hat v. Humboldt verschiedene solcher Versuche beschrieben[1]. Sie gelingen indeſs nur in dem Zustande höchster Erregbarkeit bei an sich schon sehr reizbaren groſsen Individuen in den Sommermonaten, oder wenn diese aus dem Winterschlaf erweckt werden, und die Zubereitung schnell vorgenommen wird, niemals aber bei kleineren Individuen, in den Herbstmonaten nach geschehener Begattung. v. Humboldt erhielt in den günstigen Fällen Zuckungen: a. wenn der Frosch so zubereitet war, daſs der Rumpf mit den hintern Extremitäten bloſs durch die Cruralnerven (eigentlich Ischiadnerven) zusammenhing, und bloſs in einer horizontalen Fläche die Froschschenkel gegen das Ende der obern Extremitäten geschoben wurden; b. gleichfalls erfolgte sie heftig, als die von ihrer Haut entblöſsten Lenden mit

1 Vers. über die gereizte Muskel- und Nervenfaser I. S. 28.

dem rothen gar nicht tendinösen Muskelfleische gegen die Ischiadnerven zurückgebeugt wurden; c. gleichfalls als der Cruralnerve schnell heraus präparirt, dieser sammt der ganzen Extremität auf eine wohl getrocknete Glasplatte gelegt, und mit einem, an einem isolirenden Griffe von Siegellack befestigten Stücke frischen Muskelfleisches der Cruralnerv und die Schenkelmuskeln berührt wurden. Derselbe Erfolg fand auch statt, wenn statt des einen Muskelstückes, das hier zur Schliefsung der Kette Fig 89.
diente, drei verschiedene Stücke angewandt wurden, wovon das eine den Nerven, das andere den Schenkel berührte, und dann der Kreis durch das dritte Stück, welches die beiden andern mit einander verband, geschlossen wurde, und zwar war die Reizung in diesem Falle stärker, wenn x und y dergestallt durch z verbunden wurden, dafs z zuerst x und dann y berührte, als wenn die Verbindung von y aus geschlossen wurde. d. Bei mehreren Individuen löste v. Humboldt den obern Theil der Cruralnerven ab, und schob dieses getrennte Stück mittelst einer Glasröhre zwischen den noch inserirten Nerven und den Schenkel selbst, so wie auf beiden Seiten; der Contact geschah, blieb die convulsivische Erscheinung nicht aus. e. Auch wenn nicht die Muskeln selbst mit in die Kette aufgenommen wurden, sondern nur ihr Nerv sich in derselben befand, konnten durch einen blofs thierischen Bogen Convulsionen erregt werden. v. Humboldt fafste nämlich den Cruralnerven mit zwei Fingern der linken Hand, und berührte mit einem Stückchen Muskelfleisch, welches er in der andern Hand hielt, denselben Cruralnerven. Die Reizung war heftig, sobald der Contact erfolgte, sie schien am heftigsten, wenn derselbe nahe an der Insertion des Nerven in die Muskeln, doch ohne diese mit zu berühren, erfolgte. Wurde statt des Muskelfleisches ein Stück Elfenbein genommen, so blieben die Zuckungen aus. Nie wollte es v. Humboldt gelingen, Zuckungen zu erhalten, wenn er nach Abtrennung des Nerven vom Rumpfe den Schenkel gegen den Nerven und diesen gegen jenen bog, eben so wenig auch bei sehr lebhaften Individuen, wenn er ohne die Muskeln zu berühren, das Nervenstück V an den Cruralnerven t dergestalt anschob, dafs t in zwei verschiedenen Puncten getroffen wurde. Dagegen ist mir der vorletzte Versuch bei reiz- Fig 90.
baren Fröschen sehr häufig gelungen, besonders wenn der Cruralnerv in einer etwas gröfseren Strecke durch schnelles Anbie-

gen mit der Haut des Schenkels, nicht aber, wenn er mit den Muskeln unmittelbar in Berührung gebracht wurde.

Für alle diese und ähnliche Versuche mit Ketten aus blofs thierischen Theilen, die mir und auch andern Experimentatoren häufig gelungen sind, und die bereits Galvani mit Erfolg angestellt hatte, gelten noch, was das Eintreten der Zuckungen, ihre Stärke und Dauer betrifft, überhaupt folgende Bedingungen und Gesetze: a. dafs zur Entstehung derselben jedesmal erforderlich ist, dafs die Nerven der Muskeln, in denen die Zusammenziehungen erregt werden sollen, sich als Glieder in der Kette befinden. b. Dafs der Nerv oder das Nervenstück in der Strecke, in welche er oder dieses als Glied in die Kette eingeht, soviel möglich isolirt sey, und neben ihnen kein anderer Leiter in diesem Theile des Kreises eine Ableitung gewähren könne, sondern ein el. Strom, wenn er etwa in einer solchen Kette thätig seyn sollte, gezwungen wäre, seinen Weg ausschliefslich an dieser Stelle durch den Nerven zu nehmen. c. Dafs unter sonst gleichen Umständen die Zuckungen um so lebhafter ausfallen, je ausgedehnter jenes eine ausschliefsliche Leitung gewährende Nervenstück ist, das in die Kette eingeht, und dafs sie auch um so länger erregt werden können. d. Dafs die Zuckungen um so länger hervorgerufen werden können, und um so lebhafter sind, je rascher die Schliefsung der Kette erfolgt, und je gröfser die Oberfläche ist, mit welcher die den Kreis bildenden Theile in Berührung kommen.

Da diese Ketten in Ansehung aller Bedingungen und Gesetze für das Eintreten und die Stärke der Zuckungen sich ganz so verhalten, wie die weiterhin zu beschreibenden Ketten, in denen nach der Natur der Glieder derselben der galvanische Charakter keinem Zweifel unterworfen ist, so darf man nach einer solchen Uebereinstimmung sie gleichfalls als ächt galvanische und die durch ihre Schliefsung gegebene Action als eine galvanische in Anspruch nehmen. Aber eben damit ist, wenigstens dem ersten Anscheine nach, auch der Beweis geführt, dafs durch die Schliefsung blofs zweier Körper, wenigstens aus der zweiten Classe von Erregern, zur Figur eine galvanische Action gegeben ist, und v. Humboldt hat insbesondere den Versuch, wo die von ihrer Haut gänzlich entblöfsten Muskeln durch ihren Contact mit dem vom Zellgewebe und Blutgefäfsen befreiten Nerven lebhafte Zuckungen erregten, als völ-

lig entscheidend in dieser Hinsicht angesehen, indem ja offenbar nur zwei, und zwar organisch verbundene Stoffe, Muskel und Nerv, mit einander in Wechselwirkung gekommen seyen. Wer möchte aber die vollkommene Gleichartigkeit eines Nerven in seinem Stamme und in seinen Verzweigungen behaupten wollen? Auch gehen in die Structur des Muskels so verschiedenartige, und in ihrer Getrenntheit noch vollkommen unterscheidbare, Theile, wie Zellgewebe, aponeurotische Haut, Blutgefäſse, Nerven und eigentliche Muskelfasern ein, daſs es nicht schwer fallen kann, auch bei den einfachsten thierischen Ketten dieser Art immer noch zum wenigsten drei heterogene Glieder, die zu einer Kette an einander gereiht sind, nachzuweisen. Aber allerdings werden die Zuckungen sogleich lebhafter, wenn die drei Heterogeneitäten in deutlicher geschiedenen Massen hervortreten, wie gleichfalls aus den oben angeführten Versuchen erhellet.

Wirksamer werden daher die angeführten Ketten sogleich, wenn Stoffe in sie aufgenommen werden, die zwar noch zu einer Classe, als Erreger des Galvanismus betrachtet, mit ihnen gehören, aber selbst nicht organischer Natur sind, wie Volta schon in den ersten Jahren bewies, indem Seife oder Kleister, mit denen man die Schulter oder Brust des Froschpräparats bestreicht, und dann die Lenden, die bloſs durch ihre Cruralnerven mit dem Rumpfe zusammenhängen, in Contact damit bringt, die Zuckungen sehr verstärken [1]; noch mehr findet dieses statt, wenn man eine alkalische oder saure Flüssigkeit an die Muskeln oder Nerven bringt, und die Schlieſsung der Kette an den damit benetzten Stellen macht. Doch gelingen alle diese Versuche nur bei sehr erregbaren Individuen, die man schnell genug präparirt hat, und nur in der ersten Viertelstunde nach der Zubereitung. Die zweite Classe von hierher gehörigen wirksamen Ketten sind diejenigen, in welchen neben den thierischen Theilen bloſs ein einziger Erreger der ersten Classe (also nur ein Metall) als Kettenglied eingeht. Auch gegen die Positivität dieser Ketten hat man in der ersten Zeit viel gestritten, und insbesondere hat Volta durch eine Menge sinnreicher Versuche bewiesen, daſs wenn keine Zuckungen bei Anwendung eines einzigen, ganz homogenen, Metalls ent-

1 Humboldt a. a. O. S. 32.

stehen, diese sogleich zum Vorschein kommen, wenn das Metall durch die leisesten Abänderungen der Mischung (namentlich durch den leisesten Anflug von Oxydation), der Politur, Härte, Temperatur, an zwei Stellen von einander verschieden gemacht werde, wodurch es, wenn gleich ein Stück, doch an den zwei verschiedenen Berührungsstellen zum Aequivalent zweier Metalle gemacht werde, weswegen er denn auch geneigt war, in allen solchen Fällen, wo durch Hülfe nur eines Metalls Zuckungen erregt wurden, irgend eine nur übersehene Heterogeneität dieser Art vorauszusetzen [1]. Indefs widerlegte schon Aldini diese Behauptung durch Versuche mit Quecksilber, die auch von Humboldt mannigfaltig abänderte, um sie vollkommen beweisend zu machen, und auf dem jetzigen Standpuncte unserer Kenntnisse kann vollends die Wirksamkeit solcher Ketten blofs aus einem Metalle und den thierischen Theilen nicht mehr streitig erscheinen, da wir seitdem Ketten dieser Art, in welche blofs ein trockener Erreger eingeht, als in so hohem Grade chemisch wirksam kennen gelernt haben. Hierher gehören mehrere interessante Versuche Ritter's und v. Humboldt's, die mir gleichfalls oft gelungen sind, und einen ganz entscheidenden Beweis für die Wirksamkeit blofs zweigliedriger Ketten zu liefern scheinen. Wenn man nämlich die vom Rückgrate getrennten, und frei präparirten, Ischiadnerven auf Scheiben von verschiedenen Metallen fallen läfst, so dafs sie in rasche Berührung damit kommen, oder auch gegen solche Metalle schleudert, so entstehen häufig lebhafte Zuckungen. Dafs hierbei kein mechanischer Reiz obwaltet, erhellet daraus, dafs bei gleicher Höhe des Herabfallens u. s. w. die Verschiedenheit der Metalle einen grofsen Einflufs äufsert, und dafs das Herabfallen auf Glas, Stein u. s. w. ganz ohne Wirkung ist. In den ersten Versuchen dieser Art erhielt Ritter [2] viel lebhaftere Zuckungen, wenn er die Nerven auf Silber, als wenn er sie auf Zink fallen liefs. Aus späteren Versuchen folgerte er aber, dafs dieses Uebergewicht des Silbers über das Zink blofs von der verschiedenen Form hergekommen sey. Ersteres hatte er beständig in breiten Platten, letzteres in Stangen angewandt; als er daher das Zink ebenfalls in Platten anwendete, war es

1 v. Humboldt a. a. O. S. 52.

2 Gehlen's J. VI. 433.

viel wirksamer, wie auch v. HUMBOLDT in seinen wenigen Versuchen gefunden haben will [1]. Dennoch, setzt RITTER hinzu, wirkte das Silber noch kräftiger, dann waren es aber Münzen mit noch hohem Gepräge; wo dieses sich glatt gerieben hatte, zeigte sich Silber viel schwächer als gleich ebenes Zink. Unter gleichen Formen wirkte in dieser Art von Versuchen Eisen noch nahe so stark als Zink, Kupfer schwächer, Kohle in der Regel noch schwächer als Silber. Je gröſser überall die Stelle war, mit der der Nerv, und soviel wie möglich zugleich, auf das Metall fiel, desto leichter kam und desto stärker war die Zuckung, auch je näher das Nervenstück selbst den Muskeln lag [2]. Man kann den Nerven an seinem hintern Ende zwischen die Finger nehmen, ihn dazwischen behalten und bloſs mäſsig gegen die unterliegende Metallplatte hinschwenken. Da Isolation des Frosches, des Metalls oder beider, keinen merklichen Einfluſs zu haben scheint, so sieht man schon hieraus, daſs die ganze Action gleichsam in den kleinen Raum der mit einander in Contact kommenden beiden Körper, des Metalls und der Nerven, beschränkt bleibt. Deutlicher als in den angeführten Versuchen tritt nun schon die bestimmte Form dieser Kette in den Versuchen RITTER's hervor, wo der Nerv an einem Puncte x schon auf der Metallplatte m aufliegt, und man den Theil x bis y blos nachfallen läſst; oder wo der Nerv mit y aufliegt und die jetzt vordere Strecke y bis x nachfällt. Bei sehr reizbaren Individuen erhielt ich auf ähnliche Art Zuckungen, wenn ich bloſs mit dem abgeschnittenen Ende des Nerven die Oberfläche von Quecksilber berührte. Wirksamer noch, als die bisher angeführten Ketten aus einem Metalle und dem Nerven, der in zwei von einander mehr oder weniger entfernten Puncten mit denselben in Berührung kommt, zwischen denen ein mehr oder weniger ausgedehntes Nervenstück in die Kette eingeht, nach dessen Länge sich auch die Lebhaftigkeit der Zuckungen richtet, sind die Ketten aus einem Metalle, dem Nerven und den Muskeln, besonders wenn diese in einer etwas gröſseren Oberfläche mit dem Metalle in Berührung sind, und man den Nerven, den man mit einer Pincette vorher in die Höhe gehalten hat, auf das Metall herabfallen läſst, oder auch an einem von

Fig. 91. Fig. 92.

1 a. a. O. S. 63.

2 Ritter a. a. O. S. 43.

der Insertion in den Schenkel entfernten Puncte mit aller Vorsicht mit dem Metalle in Berührung bringt. Hierbei üben die Metalle nach ihrer Verschiedenheit einen mehr oder weniger starken Reiz aus, und zwar fand ich bestimmt die entgegengesetzte Ordnung wie Ritter in jenen Versuchen, wo bloſs der Nerv in die Kette einging, indem ich gerade die mehr negativen Metalle, und zwar in dem Verhältnisse, in welchem sie dem negativen Ende näher stehen, wirksamer fand, ungefähr in folgender Ordnung: Quecksilber, das bei weitem am wirksamsten war, wozu vielleicht seine reine metallische Oberfläche wesentlich beitrug, diesem zunächst Silber, dann Kupfer, Zinn, Quecksilber mit Zinn versetzt, Blei, zuletzt Zink, mit welchem ich nur sehr selten und bloſs bei höchst reizbaren Individuen Zuckungen erregen konnte, wenn keine andere als die angeführten thierischen Theile in der Kette sich befanden.

Merkwürdig ist es, daſs die Metalle, wenigstens das Eisen, die Wirksamkeit einer Kette aus bloſs thierischen Theilen verstärken, auch wenn sie gleichsam nur auf eine entfernte Weise in dieselbe eingreifen. v. Humboldt führt einen solchen Versuch [1] an. Wenn nämlich x mit welchem die Kette zwischen Nerv und Muskel gebildet wird, kein frisches Muskelfleisch, oder kein recht frisches Nervenstück, das dieselben Dienste leistet, ist, und wegen der unvollkommenen Leitung (wie v. Humboldt meinte) die Contraction nicht erfolgte, so wurden dieselben sogleich erregt, wenn man x statt mit einer gläsernen Röhre mit einem Eisendrahte gegen den Schenkel schob, ungeachtet dieser bloſs die äuſsere Oberfläche von x berührte, und folglich die Communication von den Cruralnerven zum Schenkel durch keinen metallischen Theil unterbrochen war, und dieser in so ferne kein eigentliches Glied der Kette bildete.

Fig. 93.

Wenn auſser dem einzelnen Metalle und den thierischen Theilen noch andere Erreger der zweiten Classe in die Kette mit eingehen, und zwar so, daſs sie mit dem Metalle in Berührung kommen, so wird die Wirkung der Kette in allen Fällen dadurch verstärkt, und solche Ketten kommen nach Beschaffenheit des Metalls und der Flüssigkeit, die mit demselben in el. Erregung tritt, nicht selten den wirksamsten Ketten aus zwei am stärksten mit einander wirkenden Metallen und den thierischen Thei-

1 a. a. O. S. 37.

len gleich. VOLTA hat schon im Jahre 1796 in seinem zweiten Schreiben an GREN[1] über die Theorie der galv. Kette die Resultate seiner zahlreichen Versuche dieser Art bekannt gemacht und ich habe bereits in Nr. 25. auf diese Versuche, sofern sie zur Bestimmung des el. Verhaltens der Metalle und feuchten Erreger dienen, hingewiesen. Das allgemeine Schema dieser Versuche, wie sie von VOLTA angestellt wurden, stellt die Figur dar. Die Flüssigkeit f kann entweder in einem Uhrglase sich befinden, oder ein Stückchen Schwamm damit getränkt seyn und das Metall m entweder unmittelbar oder durch ein nasses Schwammstückchen h, und eben so die Flüssigkeit unmittelbar oder durch ein nasses Schwammstückchen h mit den thierischen Theilen in Verbindung stehen, und die Anordnung der einzelnen Kettenglieder entweder so, wie die Figur sie darstellt, oder auch umgekehrt statt finden, so daſs die Flüssigkeit nach dem Nerven, das Metall nach den Muskeln zu liegt. Diese verschiedene Art der Vertheilung hat denselben Einfluſs wie die zweier Metalle an die Nerven und Muskeln, wovon unten die Rede seyn wird, und man kann darnach beurtheilen, ob die Flüssigkeit sich mit dem Metalle positiv oder negativ verhält. Ersteres ist der Fall, wenn der Erfolg derselbe ist, wie wenn an der Stelle der Flüssigkeit sich ein anderes Metall befinde, das in Beziehung auf das andere Metall sich positiv verhält, letzteres wenn sich die Flüssigkeit eben so verhält, wie das negative Metall an seiner Stelle. Doch gilt diese Bestimmung unbedingt nur unter der Voraussetzung, daſs die el. Erregung in der Berührung zwischem dem Metalle und der Flüssigkeit das Uebergewicht hat über die Erregungen an den beiden andern Berührungspuncten. VOLTA fand durch seine Versuche, daſs die Flüssigkeiten mit den Metallen auf die angegebene Weise zusammengebracht, in folgender Stufenfolge eine verstärkte Wirkung hervorbringen: 1. reines Wasser; 2. Wasser mit Thon oder Kreide vermengt; 3. Zuckerwasser; 4. Alkohol; 5. Milch; 6. mucilaginöse Flüssigkeiten; 7. thierische gelatinöse Flüssigkeiten; 8. Wein; 9. Essig und andere vegetabilische Säuren; 10. Speichel; 11. Mucus der Nase; 12. Blut; 13. Harn; 14. Salzwasser; 15. Seifenwasser; 16. Kalkmilch; 17. concentrirte Mineralsäuren; 18. starke alkalische Lauge;

Fig. 94.

1 Dessen N. J. d. Ph. IV. 107.

19. Oleum Tartari; 20. Phosphorsäure. Doch bemerkt Volta ausdrücklich, daſs diese Ordnung nicht für alle Metalle auf gleiche Weise gelte, und insbesondere in Ansehung der Schwefellebern und der alkalischen Flüssigkeiten die Metalle beträchtlich unter einander abweichen. Volta fand in diesen Versuchen das Zinn im Durchschnitte alle andere übertreffen, und das Silber allen anderen nachstehen. Nur wenn Silber zwischen Wasser und Schwefelleber sich befand, übertraf es alle andere. Zu den wirksamsten Ketten dieser Art gehören nach meinen Versuchen die Ketten aus Eisen und Salpetersäure, Silber und Schwefelleber, Zinn oder Zink und Aetzkali, und überhaupt sind diese Ketten um so wirksamer, je stärker nach den bekannten Prüfungsarten die el. Erregung zwischen der jedesmal angewandten Flüssigkeit und den mit ihr in Wechselwirkung gebrachten trockenen Erreger ausfällt.

49. Die dritte Hauptclasse von Ketten sind endlich diejenigen, welche aus zwei Erregern der ersten Classe und den thierischen Theilen bestehen, mit denen auch vom Anfange an die meisten galvanischen Versuche angestellt worden sind. Die Metalle, sofern sie in Form von Blättchen oder Scheiben an die Nerven und Muskeln gebracht werden, hat man mit dem Namen von *Armaturen*, und zwar Nerven- und Muskel-Armaturen, und die Metalle, welche in Form eines Drahtes u. d. gl die Verbindung zwischen solchen Armaturen oder der einen Armatur und dem unbewaffneten thierischen Theile machten, mit dem Namen des *metallischen Bogens*, auch wohl des *Excitators*, weil durch die Schlieſsung des Kreises mittelst ihrer die Zuckung erregt wird, belegt. Jedes Metall indeſs, in welcher Form es auch angewandt werde, spielt da, wo es den Nerven oder Muskel unmittelbar berührt, zugleich die Rolle einer Armatur. Als Resultate ergeben sich aus den zahlreichen Versuchen dieser Art folgende allgemeine Bedingungen und Gesetze für das Eintreten, die Dauer und Stärke der Zuckungen.

1. Zum Eintreten der Zuckungen ist jedesmal nöthig, daſs der mit den Muskeln, in welchen die Zuckungen erregt werden sollen, wenigstens einem Theile nach noch in ungestörter organischer Verbindung stehende Stamm des Nerven, oder wenigstens die an dem Muskel selbst sich verbreitenden Zweige desselben, als Glied in die Kette eingehen. Die Zuckungen entstehen also unter der einfachsten Form dieser Kette dann, wenn

die beiden Metalle C und Z unmittelbar an den Nerven angebracht sind, wie klein auch das Stückchen des Nerven sey, welches in die Kette eingeht. Sie entstehen eben so in beiden Extremitäten zugleich, wenn die eine Armatur an dem einen, die andere an dem andern Nerven angebracht, und der Kreis durch irgend einen nassen Körper, ein Stückchen Schwamm, das von einem Nerven zum andern führt, geschlossen wird, wie die Figur zeigt. In beiden Fällen liegen die Muskeln selbst außerhalb der Kette. Dafs sie gleicher Weise entstehen, wenn das eine Metall, statt an den Nerven, an die Muskeln angebracht wird, wie bei Z in der vorigen Figur der Fall ist, versteht sich dann von selbst. Wird der Nerv so unterbunden, dafs der Theil desselben, welcher in die Kette eingeht, sich oberhalb des Bandes befindet, und dadurch die lebendige Einwirkung des in die Kette eingehenden Nervenstücks auf die Muskeln aufgehoben ist, so bleiben auch sogleich die Zuckungen aus. Erfolgt aber dann die Berührung des Nerven mit Z an einer tiefern Stelle unterhalb des Bandes, so dafs von neuem ein Theil des in lebendiger Wechselwirkung mit den Muskeln stehenden Nerven in die Kette eingeht, so erscheinen auch bei der Schliefsung der Kette die Zuckungen wieder. Befinden sich blofs die Muskeln innerhalb der Kette, und nicht der Stamm des Nerven, der zu denselben geht, so erscheinen zwar auch Zuckungen, aber nur in den Muskeln, welche zwischen den beiden Armaturen inne liegen und mit ihnen in unmittelbarer Berührung sind, und sind überhaupt viel schwächer. Nur bei hoher Reizbarkeit verbreiten sie sich dann auch auf angrenzende Muskeln.

Fig. 95.
Fig. 96.

2. Die Zuckungen sind um so stärker, und lassen sich um so länger, von dem Zeitpuncte der Zubereitung des Frosches an gerechnet, erregen: a. je länger das in unverletztem organischen Zusammenhange mit den Muskeln stehende Stück des Nerven ist, welches in die Kette eingeht; b. je mehr dieses Stück ausschliefslich in dem Theile der Kette, in welchen es eingeht, einen el. Strom, den man sich innerhalb dieser Kette circulirend denken möchte, zu leiten hat, d. h. je vollkommner dieses Stück des Nerven isolirt ist, so dafs neben und aufser ihm an dieser Stelle keine andere gleich gute Leiter der E., seyen es thierische Theile selbst oder Wasser und mit demselben getränkte Körper jeder Art, sich befinden, die an dieser Fort-

leitung Theil nehmen könnten. So lange daher die Cruralnerven noch auf dem Backenstücke liegen, erscheinen die Zuckungen nur schwach, und in kurzer Zeit gar nicht mehr, weil das Backenstückchen zugleich als Nebenleiter wirkt; sie erfolgen aber mit der gröfsten Lebhaftigkeit, wenn das Backenstückchen abgelöst und entfernt wird, und die Cruralnerven in ihrem Verlaufe blofs von der Luft umgeben sind, oder auch auf Glas liegen; sie nehmen aber sogleich an Stärke wieder ab, und kommen bald nicht mehr zum Vorschein, wenn von dem obern
Fig. 95. Metalle Z neben dem Nerven noch ein anderer Leiter, wie ein Stück Schwamm oder ein Stück Muskelfleisch, bis zur Berührung mit dem Schenkel in die Kette eingeschoben wird, besonders wenn der Nerv bis zu seiner Insertion in die Lende ganz damit umhüllt ist. Wird aber dann wieder ein Theil der Nerven aus den Muskeln heraus präparirt, neben dem sich kein anderer Nebenleiter in der Kette befindet, so treten auch die Zuckungen bei der Schliefsung der Kette lebhaft ein [1]. Ein solches, eine ausschliefsliche Leitung gewährendes, Nervenstück äufsert seinen Einflufs auf die Lebhaftigkeit der Zuckungen, jedoch nur unter der Bedingung, dafs es in dieser Länge noch fähig sey, von jedem Puncte aus die Reizung auf die Muskeln, in denen es sich verbreitet, fortzupflanzen, daher dann, um so lange wie möglich Muskelzusammenziehungen zu erregen, zuletzt der Nerv aus den Muskeln in einer gewissen Strecke herauspräparirt werden mufs, da er von seinen Centralende aus allmälig abstirbt; c. je gröfser die Oberfläche ist, in welcher die Metalle mit den thierischen Theilen in Berührung stehen. Dieses gilt besonders für die Muskelarmatur, bei welcher die Berührungsoberfläche viel gröfsere Variationen zuläfst, als bei der Nervenarmatur. Dagegen ist die Gröfse der Berührungsfläche zwischen den Metallen selbst ohne merklichen Einflufs, und es ist vollkommen hinreichend, um das Maximum von Wirkung zu erhalten, wenn sich die Metalle gleichsam nur in einem Puncte berühren, also der feinste Metalldraht zwischen den Armaturen die Verbindung macht; d. auch die Art der Schliefsung der Kette äufsert ihren Einflufs auf die Lebhaftigkeit der Zuckungen, die jedesmal stärker ausfallen, wenn die Metalle vorher mit den thierischen Theilen in

1 C. H. Pfaff über thierische E. und Reizbarkeit S. 25—31.

Verbindung gebracht werden, ehe sie sich selbst wechselseitig berühren und dadurch den Kreis schliefsen, als wenn der Kreis durch Application des einen oder andern Metalls, nachdem sie selbst schon in wechselseitige Berührung gebracht sind, an die thierischen Theile geschlossen wird. e. Vorzüglich hängt aber die Lebhaftigkeit der Zuckungen von der relativen Heterogeneität der Metalle und überhaupt der trockenen Erreger unter einander selbst ab, und es läfst sich das allgemeine Gesetz dafür aufstellen, dafs je weiter die Armaturen nach der Spannuugsreihe von einander abstehen, desto lebhafter auch die Zuckungen unter sonst gleichen Umständen ausfallen. Vom Zinn bis zum Silber scheinen alle Metalle, die nach der Nr. 19. aufgestellten Spannungsreihe zwischen dieselben fallen, diese beiden Metalle selbst mit eingeschlossen, mit dem Zinke fast gleich stark zu wirken, so dafs durch die Lebhaftigkeit der Zuckungen selbst ihr relativ gröfserer oder geringerer Abstand von diesem nicht wohl mit Sicherheit auszumitteln ist, und das Uebergewicht des Zinks hierbei ist so auffallend, dafs es sogar, mit dem ihm am nächsten stehenden Blei zur Kette geschlossen, fast eben so stark wirkt als dieses mit dem am äufsersten Ende der Reihe stehenden Graubraunsteinerz, so dafs man diesem gemäfs anzunehmen hätte, dafs das Zink eine eben so starke el. Spannung mit dem Blei eingehe, als dieses mit dem Braunstein. Damit die Metalle, welche an den thierischen Theilen als Armaturen applicirt werden, ihre Wirkung hervorbringen, ist, wie aus allem bisherigen klar hervorgeht, unmittelbare metallische Berührung oder wenigstens eine Verbindung derselben unter einander durch Erreger der ersten Classe zur Vollendung des Kreises nothwendig, und diese Wirkung fällt sogleich weg, wenn die Verbindung durch irgend Erreger der zweiten Classe, z. B. durch ein Stück Schwamm, nasses Papier, die nassen Finger des Experimentators vermittelt wird, es wäre denn, dafs das Froschpräparat in höchst seltenen Fällen auf einer so hohen Stufe der Reizbarkeit sich befände, dafs eine solche Kette durch die mit ihrer Schliefsung eintretende sehr geringe Action noch einen hinlänglichen Reiz ausüben könnte. Uebrigens macht es keinen Unterschied, von welcher Art auch die trockenen Erreger seyen, welche die Verbindung zwischen den metallischen Armaturen vermitteln, welche Art von Metalldrähten also zum leitenden Bogen gebraucht werden, die Zuckungen fallen immer

von gleicher Stärke aus, und man kann in beliebiger Ordnung und Abwechslung die verschiedensten Erreger der ersten Classe zwischen den beiden Armaturen interpoliren, der Erfolg bleibt unverändert derselbe, was eine nothwendige Folge des bereits oben im Nr. 23. aufgestellten allgemeinen Gesetzes ist, daſs in einer Reihe von Erregern der ersten Classe der el. Spannungsunterschied der beiden Endglieder stets derselbe bleibt, ob sie sich unmittelbar berühren, oder ihre Aufeinanderwirkung durch zwischenliegende Erreger derselben Classe in beliebiger Zahl und Ordnung vermittelt werde, dieser el. Spannungsunterschied es aber einzig ist, der die als Reiz wirkende galvanische Action bestimmt.

50. Ein sehr merkwürdiges Verhältniſs in diesen Ketten aus zwei Metallen oder überhaupt aus zwei trockenen Erregern und thierischen Theilen ist noch der Einfluſs der Vertheilung dieser Erreger und also namentlich der beiden Metalle als Nerven- und Muskelarmaturen auf das Entstehen, die Stärke und Art der Zuckungen nach Verschiedenheit der zwei Momente der Schlieſsung und Trennung der Kette. Bestimmen wir diese Vertheilung der Metalle in Beziehung auf die beiden entgegengesetzten Enden des Nerven, nämlich das Centralende oder seinen sogenannten Ursprung aus dem Rückenmarke und sein peripherisches Ende, und nennen wir von den beiden Metallen, zwischen welchen als Glied der Kette irgend ein Stück des Nerven eingeschlossen ist, sey es nun dieses Stück allein, oder seyen auſser demselben auch noch die Muskeln oder eine anderweitige Reihe von feuchten Körpern, die vom Nerven und den Muskeln aus die Kette fortsetzen und an welche die Metalle applicirt werden, dasjenige Metall, nach dessen Seite hin das Centralende das näherliegende ist, so daſs, wenn man von ihm aus den Kreis durch die feuchten Leiter verfolgt, man zu diesem Centralende früher als zum peripherischen Ende gelangt, die Nervenarmatur in Beziehung auf diesen bestimmten Nerven, und dasjenige, nach dessen Seite hin das peripherische Ende in dem Kreise näher liegt, die Muskelarmatur, wie z. B. dieser Bestimmung gemäſs in Fig. 95 in der einen Vertheilung C in der andern dagegen Z* und eben so in Fig. 96 Z in Beziehung auf das Nervenstück a b, wenn dessen Reizung in Betracht zu ziehen wäre, dagegen in Beziehung auf das Nervenstück c d, C die Nervenarmatur und so also auch in diesen 4 Fällen Z*, C*, C und Z die Muskel-

armatur seyn würden, so zeigt sich die merkwürdige Verschiedenheit, daſs, wenn von irgend zwei Metallen das mit dem andern positiv elektrisch werdende als Nervenarmatur, das negativelektrische als Muskelarmatur gebraucht wird, die Zuckungen entweder nur im *Augenblicke der Schlieſsung der Kette* und keine im *Augenblicke der Trennung* oder wenigstens die weit lebhafteren im Augenblicke der Schlieſsung und die viel schwächeren im Augenblicke der Trennung, dagegen bei der entgegengesetzten Vertheilung, wenn nämlich das negative Metall die Nerven- das positive die Muskelarmatur bildet, die Zuckungen nur allein im Augenblicke der Trennung und keine im Augenblicke der Schlieſsung, oder wenigstens die viel lebhafteren im ersten, die viel schwächeren im zweiten Falle erfolgen. Weil der el. Gegensatz zwischen zwei Erregern der ersten Classe durch anderweitige Mittel, wie durch den Condensator und durch die Magnetnadel mit Hülfe des Multiplicators, ausgemittelt worden ist, hat sich auch, doch mit den sogleich näher zu bestimmenden Einschränkungen und Ausnahmen, jener Gegensatz als damit nach dem angegebenen Gesetze parallel laufend gezeigt, und man hat sich daher dieser galvanischen Reizversuche häufig bedient, um auszumitteln, welcher von zwei Erregern der ersten Classe der positive, welcher der negative sey (vgl. Nr. 15.). Hierbei nahm man stets denjenigen für den positiven, der als Nervenarmatur *allein* die *Schlieſsungszuckung*, oder wenigstens die stärkere, denjenigen für den negativen, der als Nervenarmatur *allein* oder wenigstens die *stärkere Trennungszuckung* gab. Indeſs konnte es denjenigen, die sich mit dergleichen Reizversuchen beschäftigten, nicht entgehen, daſs sich mannigfaltige Anomalien in jenem Verhalten der Erreger zeigten, indem nicht selten beide Metalle sowohl das negative als auch das positive als Nervenarmatur angewandt, gleich starke Trennungs- und Schlieſsungszuckungen zu geben scheinen, ja Fälle vorkommen, in welchen das negative Metall als Nervenarmatur ganz gegen sein gewöhnliches Verhalten vielmehr die stärkeren, ja ausschlieſsend nur die Zuckungen im Augenblicke der Schlieſsung und keine im Augenblicke der Trennung, das positive Metall als Nervenarmatur angewandt dagegen ausschlieſsend nur Zuckungen im Augenblicke der Trennung und keine im Augenblicke der Schlieſsung gab. Ritter, der wohl von allen Galvanisten die meisten Versuche dieser Art angestellt hat

glaubt den Grund dieser Anomalien in den verschiedenen Zuständen der Muskelerregbarkeit zu finden, und sucht dasjenige, was sich dem Gesetze als Ausnahme zu entziehen schien, von neuem einer festen und in ihrem weiteren Umfange noch höheren Regel zu unterwerfen[1]. Er behauptete nämlich, dieses verschiedene und sogar entgegengesetzte Verhalten der nämlichen Vertheilung der beiden Armaturen bei verschiedenen Froschpräparaten beruhe auf zwei einander entgegengesetzten Zuständen der Erregbarkeit, und sey der Ausdruck und das Zeichen für dieselben. Der eine Zustand, der A genannt werden kann, in welchem die Schliefsungszuckung bei der negativen Bewaffnung des Nerven, und zwar nur diese allein, die Trennungszuckung dagegen bei der positiven Bewaffnung, und zwar nur diese allein erfolgt, ist ihm zufolge derjenige, in welchem die Erregbarkeit in dem ersten Zeitpuncte nach der Zubereitung des Thiers, wenn noch am meisten Leben in demselben sich vorfindet, angetroffen wird; er geht durch mehrere Mittelstufen in den entgegengesetzten Zustand, der E heifsen mag, über, in welchem die negative Bewaffnung des Nerven, oder (wenn nämlich beide Metalle zugleich an den Nerven applicirt werden) seines dem Ursprunge näheren Endes die Zuckung nur im Augenblicke der Trennung, die positive Bewaffnung nur im Augenblicke der Schliefsung giebt. Dieser zweite Zustand ist immer der letzte; mit ihm und in ihm erstirbt die Erregbarkeit überhaupt, er ist häufig derjenige, der bei schon abgestorbener Erregbarkeit, wenn nämlich die Zubereitung des Thiers zu langsam vorgenommen wird, oder bei geringerem Grade der Vitalität, wie bei kleineren Individuen, oder auch bei gröfseren im Herbste nach vollbrachter Begattung, allein noch angetroffen wird. Unter den verschiedenen Stufen, durch welche der erste Zustand A in den zweiten E übergeht, kann derjenige als der Mittelzustand angesehen werden, wo Schliefsungs- und Trennungszuckungen bei der negativen sowohl als positiven Bewaffnung des Nerven gleich stark sind, jenseits desselben, nach dem ersten Zustande hin, zeigen sich bei der negativen Bewaffnung die stärkeren Schliefsungs-, bei der positiven Bewaffnung die stärkeren Trennungszuckungen und zwar an Stärke zuneh-

1 Darstellung des Gegensatzes zwischen Flexoren und Extensoren u. s. w. in dessen Beiträgen zur näheren Kenntnifs des Galvanismus 2ten Bandes 3. 4. St. S. 63. ff.

mend, je näher der Zustand der Erregbarkeit an den ersten angrenzt; diesseits desselben, nach dem zweiten Zustande E hin, werden bei der negativen Bewaffnung des Nerven die Schliefsungszuckungen stets schwächer, die Trennungszuckungen immer stärker, erstere verschwinden endlich ganz, letztere bleiben allein noch übrig; das Gegentheil zeigt sich bei der positiven Bewaffnung. In diesem letzten Zustande sind die Schliefsungszuckungen, wenn man nämlich dieselben beider Metalle nimmt, und das einemal das positive, das anderemal das negative Metall als Nervenarmatur gebraucht, stärker als die Trennungszuckungen; diese kommen zuletzt gar nicht mehr zum Vorschein, wenn jene noch erregt werden können, in welchen also die letzten Spuren des Lebens sich noch verrathen. Diese verschiedenen Zustände von Erregbarkeit, denen wenigstens bei demselben Thiere eben so verschiedene Grade derselben parallel laufen, haben ihren Sitz in den Nerven selbt, und zwar erfolgt das Absterben der Erregbarkeit in dem Nerven von seinem Centralende aus, so dafs dieselbe, so wie sie überhaupt abnimmt, auch allmälig von dem ersten Zustande in den zweiten übergeht, und der Nerv einer irgend einige Zeit aufser Zusammenhang mit dem übrigen Körper befindlich gewesenen Extremität in seiner ganzen Länge gleichsam eine Scala der Erregbarkeiten darstellt, deren dermaliges Maximum, das eben damit auch dem ersten Zustande am nächsten liegt, und wohl gar dieser selbst seyn kann, in der peripherischen Ausbreitung der Nerven, und das dermalige Minimum, das als solches dem zweiten Zustande näher liegt, oder wohl gar dieser selbst ist, am Hirnende und alle Mittelgrade und Mittelzustände in regelmäfsiger Folge und Vertheilung zwischen diesen beiden Enden sich befinden. Der jedesmalige Zustand der Erregbarkeit selbst, der sich im Versuche zeigt, ist gleichsam das Mittel aller dieser verschiedenen Zustände und Stufen, die der ganze Nerv, oder das Stück, welches gerade in die Kette genommen wird, besitzt; und je nachdem man ein längeres oder kürzeres Stück näher dem Hirnende oder näher dem peripherischen Ende, indem man diesen aus den Muskeln, von denen er umhüllt ist, lospräparirt, in die Kette aufnimmt, je nachdem wird auch der Ausfall des Versuchs verschieden seyn. Dieser Gegensatz zwischen den Zuständen der Erregbarkeit soll sich nach Ritter bei näherer Ansicht der Versuche als ein *wahrer Gegensatz*

zwischen der Erregbarkeit der Flexoren und Extensoren ausweisen. In der Dauer des ersten Zeitpunctes, den wir oben mit A bezeichnet haben, soll bloſs die Erregbarkeit der Flexoren in Anspruch genommen werden, die Zuckungen in Beugung der Gliedmaſsen bestehen, und der den Flexoren angemessene Reiz nur derjenige seyn, der mit der Schlieſsung der einen und mit der Trennung der andern Kette gegeben ist, welchen wir den nagativen Reiz nennen können, und der nach Volta's Theorie, welche die Circulation bloſs einer el. Materie in der geschlossenen Kette annimmt, in einem in den Nerven von dem peripherischen nach dem Centralende aufwärtsgehenden Strome bestehen würde. Ist der Zustand A durch die verschiedenen Mittelstände endlich in den Zustand E übergegangen, so sollen dann nur noch allein die Extensoren reagiren, und der ihnen angemessene, von dem ersteren durch den Namen des positiven zu unterscheidende, nach Volta's Theorie von dem abwärts gehenden Strome abhängige Reiz mit der Schlieſsung der Kette bei umgekehrter Vertheilung der Metalle eintreten, und die Zuckung in reiner Streckung oder Ausdehnung der Gliedmaſsen bestehen. Auf den Mittelstufen sollen Zuckungen sowohl der Extensoren als auch der Flexoren erregt werden können. Die Flexoren-Erregbarkeit soll zuerst erlöschen, aus der Extensoren-Erregbarkeit die letzten Reactionen des Lebens hervorgehen. Diese beiden Erregbarkeiten sollen in sich selbst keiner Veränderung der Art nach fähig seyn, sondern einzig dem Grade nach Modificationen erleiden; heftige galv. Reize zerstören zuerst die Erregbarkeit der Flexoren, und verwandeln den ersten Zustand A mehr oder weniger schnell in den Zustand E. Daher ist zur Darstellung des ersten Zustandes die Anwendung der schwächeren galv. Reize, folglich schwacher Metalldifferenzen am angemessensten, wenn überhaupt ein hinlänglich hoher Grad von Erregbarkeit noch vorhanden ist. Eben wegen ihrer früher eintretenden Erschöpfbarkeit nennt Ritter diese Art der Erregbarkeit auch die beschränkte, bedingte, endliche, die Extensoren-Erregbarkeit hingegen die unbeschränkte, unbedingte, unendliche, weil sie keiner Erschöpfung (!) fähig ist, und es nur auf die Zunahme des Reizes ankommt, um immer wieder neue Erregung mit derselben hervorzubringen.

Ich habe bereits in einer Kritik der Abhandlung, in welcher Ritter die hier mitgetheilten Resultate aufgestellt

hat[1], mehrere Versuche angeführt, welche diesen Resultaten zu widersprechen scheinen, und seitdem durch neue Erfahrungen mich überzeugt, daſs hierbei noch manche andere von Ritter nicht beachtete Umstände mitwirken, die nicht unter die von ihm aufgestellten, allerdings sehr einfachen, Gesetze zu bringen sind. Zwar habe ich es im Allgemeinen bestätigt gefunden, daſs auf den sehr hohen, jedoch nicht häufig vorkommenden, Stufen der Erregbarkeit die Vertheilung der Metalle an Nerven und Muskeln gerade die entgegengesetzte Wirkung äuſsert, wie auf den niedrigeren Stufen, daſs nämlich bei der negativen Bewaffnung des Nerven mit der Schlieſsung der Kette, bei der positiven Bewaffnung desselben dagegen mit der Trennung der Kette die lebhafteren Zuckungen oder wohl gar ausschlieſslich eintreten, während auf dem gewöhnlichen Stande der Erregbarkeit bei der ersten Art der Vertheilung vielmehr die Oeffnung der Kette allein oder doch die lebhafteren Zusammenziehungen giebt; doch schien mir dieses verschiedene Verhalten nicht allein von den verschiedenen Zuständen der Erregbarkeit, sondern auch von der Folge und Dauer in welcher der galvanische Reiz selbst angewandt wird, abzuhängen, und zwar nach dem Gesetze, daſs wenn ein bestimmter Reiz eine Zeit lang auf Muskeln eingewirkt hatte, dadurch die Erregbarkeit für diesen Reiz abgestumpft, und für den entgegengesetzten erhöht wurde. Nennen wir bei der Bewaffnung des Nerven mit dem negativen Metalle, der Muskeln mit dem positiven Metalle, den Reiz, welcher mit der Schlieſsung einer Kette eintritt, den negativen, und denjenigen, welcher mit der Oeffnung der Kette eintritt, den positiven, so wird zwar auf der ersten Stufe der Reizbarkeit im ersten Augenblicke nur *jener* Zuckungen hervorbringen, *dieser* nicht; bleibt aber die Kette, bei negativer Bewaffnung des Nerven, nur eine kurze Zeit geschlossen, so werden unfehlbar die heftigsten Zuckungen im Augenblicke der Trennung eintreten, d. h. der positive Reiz wird sich nun auch sehr wirksam beweisen. Merkwürdig ist es hierbei, daſs diese Erhöhung der Reizbarkeit für den entgegengesetzten Reiz nicht auf gleiche Weise

1 Ueber und gegen den von Ritter in dem 3ten und 4ten Stücke des 2ten Bandes seiner Beiträge zur näheren Kenntniſs des Galvanismus aufgestellten Gegensatz zwischen Flexoren und Extensoren

für den negativen Reiz durch vorhergegangene fortdauernde Einwirkung des positiven Reizes gilt. Bei der positiven Armatur des Nerven, und der negativen der Muskeln in einem solchen Zustande der Reizbarkeit, dafs die lebhaftesten Zuckungen im Augenblicke der Schliefsung und keine oder nur höchst schwache im Augenblicke der Trennung erfolgen, zeigt sich, wenn die erste Kette einige Zeit hindurch geschlossen gehalten wurde, keine stärkere Zuckung im Augenblicke der Trennung wie zuvor, oder mit anderen Worten, die Empfänglichkeit für den negativen Reiz scheint nicht zugenommen zu haben. Indefs erklärt sich diese Verschiedenheit einigermafsen dadurch, dafs in dem Zeitpuncte, wo bei der positiven Bewaffnung des Nerven die Schliefsungszuckung die stärkere oder alleinige ist, die Reizbarkeit überhaupt schon mehr gesunken ist, und der fortdauernd einwirkende positive Reiz als der überhaupt stärkere die Reizbarkeit noch ferner deprimirt, wovon das Nähere in der nächsten Nr. folgen wird.

Was nun aber die specifische Beziehung jener Reize auf die Flexoren und Extensoren betrifft, so widersprechen meine Versuche noch viel bestimmter den Behauptungen Ritter's, wenn gleich auch in dieser Hinsicht noch einige Dunkelheiten obwalten. Darin stimmen zwar meine Erfahrungen mit denen jenes Gelehrten überein, dafs die Einwirkung des galvanischen Reizes auf die Flexoren nur auf der ersten und höchsten Stufe der Reizbarkeit statt findet, dafs diese gewöhnlich schnell verschwindet, und die Reizbarkeit der Extensoren nach sehr kurzer Zeit das Uebergewicht erhält, weswegen es dann auch nur selten gelingt, in den Froschpräparaten Phänomene der Flexion wahrzunehmen, sondern beinahe in allen Fällen die Zuckungen auf gewaltsame Streckung und Verlängerung der absichtlich gebogenen Gliedmafsen zur geraden Linie durch die Thätigkeit der Extension hinwirken. Dagegen widersprechen meine Erfahrungen durchaus der Behauptung Ritter's, als wenn die Flexoren nur durch die eine Art des galvanischen Reizes, nämlich durch den negativen, die Extensoren dagegen nur durch den positiven in Thätigkeit gesetzt würden. Auch auf der höchsten Stufe der Erregbarkeit fand ich, wenn bei der negativen Bewaffnung des Nerven blofs im Augenblicke der Schliefsung, bei der positiven blofs im Augenblicke der Trennung die Zuckungen eintraten, wo nach Ritter blofs die Flexoren in Thätigkeit gesetzt

werden sollten, in den allermeisten Fällen blofs heftige Ausstreckung der Gliedmafsen durch Zusammenziehung der Extensoren, und in den wenigen Fällen, in denen ich eine deutliche Beugung der Gliedmafsen durch die Wirkung der Flexoren beobachtete, schien die Art des Reizes selbst keinen Antheil daran zu haben. Die hintern Extremitäten eines Frosches, welche nach allen Erscheinungen einen sehr hohen Grad von Erregbarkeit zeigten, indem schon durch das Herabfallen des Nerven mit dem daran hängenden Stückchen des Rückgrats auf eine Zinkplatte sich die heftigsten Zuckungen erregen liefsen, und in welchen bei negativer Bewaffnung des Nerven die Zuckungen nur im Augenblicke der Schliefsung eintraten, wurden in eine solche geschlossene Kette gebracht. Bei der Oeffnung derselben zeigte sich der heftigste Tetanus der Flexoren, die den Schenkel aufwärts zurückzogen und die deutlichste Beugung verursachten. Die Kette wurde wieder geschlossen, nun trat vielmehr die bestimmteste Extension, heftige Ausstreckung der Gliedmafsen ein, und als die Metalle abermals nach einem kurzen Zwischenraume von einander getrennt wurden, erfolgte die bestimmteste Flexion, indem die *tibia* an den Schenkel hingezogen und beide aufwärts bewegt wurden. Bei einem andern Frosche, bei welchem der Nerv mit Kupfer, die Muskeln mit Zinn bewaffnet waren, zeigten sich im Augenblicke der Schliefsung Zuckungen, die eine sehr bestimmte Ausdehnung und Streckung der Gliedmafsen verursachten, im Augenblicke der Trennung wirkten dagegen die Zuckungen deutlich auf Flexion, und insbesondere zeigten sich in den innern Muskeln, den Adductoribus, deutliche Zusammenziehungen, welche den Schenkel aufwärts zogen. Nicht selten habe ich im Laufe der Versuche das Verhältnifs der Reizbarkeit gegen denselben Reiz sich verändern gesehen, so dafs der negative Reiz als der stärkere wirkte, dann seine Wirksamkeit verlor, und nachdem ich den positiven Reiz eine Zeitlang hatte einwirken lassen, von neuem wirksam wurde. Es gilt übrigens auch für alle übrigen Ketten, selbst diejenigen, welche blofs aus thierischen Theilen gebildet sind, dafs bei einer gewissen Vertheilung der Kettenglieder die Schliefsungs-, bei einer andern die Trennungs-Zuckungen die stärkeren sind, ohne allen Zweifel nach denselben Gesetzen, nach welchen sich das Verhalten der in dieser Nr. betrachteten Ketten aus zwei Metallen richtet.

51. Die geschlossenen galvanischen Ketten, in welche muskulöse Organe eingehen, zeigen in den meisten Fällen, besonders auf den niedrigeren Stufen der Erregbarkeit, eine so vollkommene Ruhe, daſs man dadurch in der ersten Epoche des Galvanismus verführt wurde anzunehmen, daſs die eigentliche galvanische Action nur auf den Augenblick der Schlieſsung und Trennung der Kette eingeschränkt sey, während des Geschlossenseyns aber ein gewisser Zustand von Gleichgewicht eintrete. Ritter hat zuerst den vollständigen Beweis geliefert, daſs auch während des Geschlossenseyns der Kette eine fortdauernde Action statt findet, die sich durch höchst auffallende Modificationen der Reizbarkeit kund thut, und ich habe im Wesentlichen die von ihm aufgestellten Resultate durch oft wiederholte Versuche vollkommen bestätigt gefunden. Nach Verschiedenheit der Vertheilung der beiden Metalle an die Muskeln und Nerven wirken nämlich die geschlossenen Ketten entweder deprimirend oder exaltirend auf die Reizbarkeit. Bringt man ein Froschpräparat in eine geschlossene Kette, wo das positive Metall, also z. B. Zink, die Nervenarmatur, das negative Metall, also z. B. Kupfer, die Muskelarmatur bildet, und befindet sich die Erregbarkeit bereits auf derjenigen Stufe, daſs die stärkste oder alleinige Zuckung im Augenblicke der Schlieſsung erfolgt, so scheint zwar nach geschehener Schlieſsung und augenblicklicher Zuckung alles in Ruhe gekommen zu seyn, läſst man aber die Kette eine Zeitlang geschlossen, so zeigt die Froschextremität, verglichen mit einer andern, die ihrem natürlichen Absterben überlassen war, eine auffallende Verminderung der Reizbarkeit, die um so stärker ist, je länger das Präparat in der geschlossenen Kette gehalten wurde, und meistens kann man selbst die kräftigste Reizbarkeit durch Verweilen des Froschschenkels auch nur eine Viertelstunde hindurch in einer solchen geschlossenen Kette so weit herabstimmen, daſs auch die stärksten Reize nicht weiter mehr darauf einwirken. Einen ganz entgegengesetzten Effect zeigt die entgegengesetzte Kette, wenn nämlich das negative Metall, z. B. Kupfer, an den Nerven, das positive, z. B. Zink, an die Muskeln angebracht ist, und die Erregbarkeit sich gleichfalls auf derjenigen Stufe befindet, daſs die alleinige, oder wenigstens die stärkere Zuckung nicht im Augenblicke der Schlieſsung, sondern der Trennung eintritt. Schlieſst man in diesem Falle die Kette, so verändert sich, dem

äufsern Anscheine nach, gar nichts, hält man aber die Extremität einige Zeitlang in einer solchen geschlossenen Kette, so geht dieselbe aus der Kette mit einer aufserordentlich erhöhten Reizbarkeit hervor, so dafs im Augenblicke der Oeffnung die Muskeln in den stärksten Tetanus gerathen, der nicht selten einige Secunden, ja wohl gar eine ganze Minute hindurch fortdauert. Man kann durch eine solche geschlossene exaltirende Kette Muskeln, die ganz reizlos geworden waren, gleichsam zu neuem Leben wieder erwecken, und zwar wiederholt, indem man die deprimirende und exaltirende geschlossene Kette mehrmals mit einander abwechseln läfst. Ich habe mich durch viele Versuche überzeugt, dafs eine solche exaltirende Kette nicht blofs ein Erhöhungs-, sondern selbst ein Erhaltungsmittel der Reizbarkeit ist, indem Extremitäten, die in solchen Ketten eingeschlossen bleiben, ihre Reizbarkeit länger behalten, als solche, die sich selbst überlassen sind. Es ist hierbei merkwürdig, dafs gerade die Abwechselung deprimirender und exaltirender Kettenschliefsungen die Wirksamkeit letzterer noch zu verstärken scheint. So hatte in einem meiner Versuche eine Froschextremität, die in einer geschlossenen exaltirenden Kette aus Silber und Zink längere Zeit gehalten worden war, ihre Reizbarkeit doch endlich so weit verloren, dafs beim Oeffnen keine Zuckungen weiter entstanden. Als der Nerv darauf mit Zink, die Muskeln mit Silber bewaffnet wurden, zeigten sich bei der Schliefsung der Kette noch merkliche Zuckungen, und auch im Augenblicke der Trennung. In dieser geschlossenen Kette wurde die Extremität eine Zeitlang erhalten, dann die Vertheilung der Metalle umgekehrt und die vorige exaltirende Kette wieder hergestellt, die dann schon nach einigen Minuten ihre gewöhnliche Wirksamkeit wieder zeigte, indem bei der Oeffnung der Kette die Muskeln in den stärksten Tetanus geriethen. Diesen Erfolg habe ich mehrmals beobachtet. Es ist ein überraschendes Phänomen, wie diese heftigen tetanischen Krämpfe, die die stärkste Ausspannung der Schwimmhaut, und Ausstreckung der Gliedmafsen zur Folge haben, und die, wie bereits bemerkt ist, mehrere Secunden hindurch fortdauern, im Augenblicke der Schliefsung aufhören, und die Muskeln in Erschlaffung zurücksinken, so dafs also die Schliefsung, statt eine neue Action hervorzubringen, vielmehr die vorhandene aufhebt und einen Ruhestand bewirkt.

Ritter in Uebereinstimmung mit seiner Theorie der Flexoren- und Extensoren-Erregbarkeit behauptet, daſs jene geschlossenen exaltirenden und deprimirenden Ketten auf jener höchsten Stufe der Erregbarkeit A, auf welcher sich alles auf eine entgegengesetzte Weise wie auf der Stufe E verhalten soll, gerade die entgegengesetzte Wirkung äuſsern, daſs nämlich die exaltirende Kette hier vielmehr als eine deprimirende, die deprimirende als eine exaltirende wirke. Da auf jener höchsten Stufe die negative Bewaffnung des Nerven die Schlieſsungszuckung, auf der niedrigeren Stufe dagegen die Trennungszuckung, die positive Bewaffnung in jenem Zustande die Trennungs- in diesem die Schlieſsungszuckung geben, so würde daraus folgen, daſs überhaupt diejenige Kette, die durch ihre Schlieſsung reizend wirkt, in jedem Falle als geschlossene deprimirend, diejenige, die im Augenblicke der Trennung den Reiz ausübt, als geschlossene jedesmal exaltirend wirke. Es ist sehr schwer, die Richtigkeit dieser Behauptung zu constatiren, da jene höheren Zustände der Erregbarkeit, in welcher bei der negativen Bewaffnung des Nerven bloſs Schlieſsungszuckungen, bei der positiven bloſs Trennungszuckungen eintreten, sehr selten vorkommen. Meine eigenen Versuche gaben mir als Resultat, daſs wenn auf der höchsten Stufe der Erregbarkeit der Froschschenkel eine Zeitlang in einer geschlossenen galvanischen Kette gehalten wird, die auf der niedrigeren Stufe der Erregbarkeit als eine bestimmt exaltirende wirkt, die Exaltation wenigstens nicht so merklich ist, und sich auch nicht durch jene auffallenden Phänomene zu erkennen giebt, und umgekehrt die auf der niedrigeren Stufe der Erregbarkeit bestimmt deprimirende, auf der höchsten Stufe keinen solchen Einfluſs merklich äuſsert. So wurden, um von mehreren nur einen Versuch anzuführen, bei einer schnell präparirten Froschextremität der Nerv mit Silber, die Muskeln mit Zink bewaffnet. Bloſs im Augenblicke der Schlieſsung erfolgten Zuckungen, keine im Augenblicke der Trennung; die Kette wurde eine Viertelstunde hindurch geschlossen gehalten; es zeigten sich im Augenblicke der Trennung nur höchst schwache Zuckungen, nach einem Zwischenraume von einer halben Stunde Ruhe; wo bereits im Augenblicke der Trennung dieser Kette sich die lebhafteren Zuckungen zeigten, wurde dieselbe exaltirende Kette abermals versucht und nur einige Minuten geschlossen gehalten;

es offenbarte sich die aufserordentliche Höhe der Erregbarkeit durch den heftigsten Tetanus im Augenblicke der Trennung, und diese erhöhende Wirkung liefs sich anderthalb Stunden hindurch stets von neuem hervorbringen, wenn die Extremität in Zwischenzeiten der Ruhe überlassen war. Wenn umgekehrt ein solches sehr erregbares Froschpräparat in eine auf der niedrigen Stufe der Erregbarkeit bestimmt deprimirende Kette mit positiver Nervenarmatur gebracht, die jetzt im Augenblicke der Schliefsung keine oder nur eine höchst schwache Zuckung erregte, und in dieser geschlossenen Kette einige Minuten gehalten wurde, so traten nun vielmehr im Augenblicke der Trennung heftige Zuckungen ein, doch verlor sich diese Wirkung bald, und der gewöhnliche deprimirende Einflufs kam zum Vorschein. Man kann diesen Versuch auch unter das oben aufgestellte Gesetz bringen, dafs die fortdauernde Einwirkung des einen, hier des positiven, Reizes die Muskeln für den entgegengesetzten, hier den negativen, empfänglicher mache, indefs gilt dieses für diese beiden Reize in der angegebenen Weise nur auf den höchsten Stufen der Erregbarkeit, auf den niedrigeren hingegen nicht, dagegen wohl in der umgekehrten Ordnung.

Noch mehrere andere Erscheinungen als die angegebenen Modificationen der Erregbarkeit, beweisen die fortdauernde Action einer geschlossenen Kette. Ritter hat an verschiedenen Orten[1] Versuche dieser Art bekannt gemacht, deren genauere Angabe hier ganz überflüssig seyn würde, da diese Thatsache von so vielen andern Seiten her unerschütterlich fest begründet ist. Im Wesentlichen laufen diese Versuche darauf hinaus, dafs beim fortdauernden Geschlossenseyn wirksamer galvanischer Ketten, wenn sich keine Zuckungen zeigen, und alles zur Ruhe gekommen zu seyn scheint, diese Zuckungen wieder mehr oder weniger lebhaft zum Vorschein kommen, wenn von irgend einem Puncte der Kette aus zu einem andern (doch mit der nähern Bestimmung, dafs diese zwei Puncte nicht an einem und demselben Kettengliede, aus der ersten Classe genommen werden) eine neue leitende Verbindung durch einen trockenen oder feuchten Leiter der E. gemacht wird. Da die Einführung eines solchen Nebengliedes ohne Wirkung bleibt, wenn die geschlossene Kette an und für sich eine un-

1 Beweis u. s. w. S. 104 ff. Beiträge II. 217.

wirksame ist, so ergiebt sich schon hieraus, daſs diese Wirkung der neu in die Kette gebrachten Zu- oder Ableitung sich auf eine Action in der geschlossenen Kette selbst beziehen muſs, und nicht etwa für sich selbst eine Action hervorrufe, die dann als ein neuer Reiz wirken könnte. Noch ferner erhellet diese Beziehung auf eine in der geschlossenen Kette selbst fortdauernde Action daraus, daſs dieselbe Zu- oder Ableitung eine um so stärkere Wirkung ausübt, d. h. eine um so stärkere und länger dauernde Zusammenziehung erregt, je wirksamer die Kette an und für sich in ihrer Schlieſsung oder Trennung sich beweist, vorzüglich aber daraus, daſs selbst ein einzelnes Glied einer solchen geschlossenen Kette allein dadurch eine Reizung ausübt, wenn dasselbe in irgend einem Puncte in eine neue Berührung mit sich selbst gebracht wird, wozu besonders die, durch die hierher gehörigen Figuren angedeuteten, Versuche interessante Belege geben, in denen durch Umbiegung und Umschlingung der Nerv, der sich bereits in der Kette befindet, in eine neue Berührung mit sich selbst gebracht wird, und in dem Augenblicke, daſs durch die neue Schlieſsung eine Zu- oder Ableitung in die Kette eintritt, auch eine Zuckung zum Vorschein kommt. Fig. 97, 98 u. 99.

In einzelnen Fällen thut sich die fortdauernde Action der Kette auch durch anhaltende Zuckungen während des Geschlossenseyns der Kette kund, besonders bei sehr reizbaren groſsen Individuen, wenn der Nerv positiv bewaffnet ist, ohne daſs etwa schnell vorübergehende Trennungen und darauf wieder eintretende Schlieſsungen dabei im Spiele wären.

Aehnliche Versuche, wie an Froschpräparaten, wurden auch an Thieren aus allen übrigen Classen und zwar mit demselben Erfolge, so weit das Gebiet der Muskelreizbarkeit sich erstreckt, angestellt [1].

52. Von den bisher beschriebenen galvanischen Erscheinungen thierischer Ketten weichen, was die Bedingungen ihrer Entstehung betrifft, einige Erscheinungen ab, die sich bei der häufigen Anstellung solcher Versuche von Zeit zu Zeit dargeboten haben. Dahin gehören namentlich die Versuche v. Humboldt's über die Erregung von Zuckungen ohne eigentliche Kettenschlieſsung und Ritter's pseudogalvanische Versuche.

1 Vergl. C. H. Pfaff über thier. El. und Reizbarkeit S. 112 ff. v. Humboldt an verschiedenen Orten seiner angezeigten Schrift.

v. HUMBOLDT hatte den Cruralnerven eines sehr lebhaften Frosches präparirt und ihn mit Zink armirt. Er wollte diese Nervenarmatur M und den Schenkel mittelst einer andern Zinkstange N vereinen, aber kaum waren die beiden Metalle in Berührung, ohne dafs auch N sich nur den Muskeln oder dem Nerven näherte, so erfolgten schon heftige Zusammenziehungen. Dieser Versuch glückte eine gute Viertelstunde lang. Es war hierbei gleichgültig, in welchem Puncte M durch N berührt wurde; der Versuch glückte auch, N mochte mit der Hand oder mittelst eines Griffes von Siegellack gehalten werden. Der Versuch wurde so abgeändert, dafs M mittelst eines dreizolligen eisernen Drahtes mit einer andern Zinkstange P verbunden, und nun diese allein von N berührt wurde, und augenblicklich entstanden lebhafte Zuckungen, die sich nach jeder Trennung und Wiederberührung erneuerten [1]. Dafs nicht die Erschütterung von M durch N die Zuckungen hervorrief, bewiesen die Gegenversuche, dafs die heftigsten Schläge mit Glas, Elfenbein, Knochen, trockenem Ebenholz und Hornstein (sämmtlich Isolatoren oder doch sehr schlechte Leiter) keinen Reiz hervorbrachten. Um jede auch noch so verborgene Zuleitung zwischen N und dem Cruralnerven oder Froschschenkel zu verhüten, wodurch dieser Versuch wieder unter das gewöhnliche Gesetz einer geschlossenen Kette gefallen wäre, schob v. HUMBOLDT eine Glasplatte unter das Zink und eine zweite unter den Schenkel. Indem er nun Zink auf Zink fallen liefs, hielt eine zweite ganz isolirte Person die Glasplatten sammt dem Schenkel in der Luft in die Höhe. Die Muskularbewegungen schienen nun nur noch convulsivischer zu werden. Durch anderweitige Abänderung wurde die Möglichkeit einer solchen Verbindung noch ferner beseitigt. Merkwürdig war endlich noch der Versuch, dafs als von zwei Schenkeln, an welchen dergleichen Versuche mit Erfolg angestellt worden waren, der eine Schenkel a an Erregbarkeit abgenommen hatte, und nun auf diese Weise ungereizt blieb, während das entfernte Metall N durch die erschütternde Berührung von M noch mächtig auf den Nerven b wirkte, auch für a der Reiz augenblicklich wieder hergestellt wurde, als a und b durch eine Zinkstange verbunden waren.

Fig. 100. Fig. 101.

Das Resultat dieser und ähnlicher Versuche war, dafs die

1 a. a. O. S. 44 ff.

Reizung vorhanden ist, wenn nur die Bedingung statt findet, daſs das Metall, auf welchem der Nerv ruht, von einem andern ihm homogenen oder heterogenen Metalle erschütternd berührt wird. Doch scheint diese Erschütterung hierbei nur insofern bedingt zu seyn, daſs dadurch eine schnelle und innige Berührung zwischen den Metallstücken vermittelt wird, wie denn auch v. Humboldt[1] eine Erfahrung des Dr. Keutsch anführt, wo durch bloſse Berührung einer Zinkarmatur, auf welcher der lange heraus präparirte Ischiadnerv lag, mit einer Silbermünze in dem Schenkel die heftigsten und anhaltendsten Zuckungen entstanden. Alle diese Versuche beweisen nur die auſserordentliche Empfindlichkeit solcher Froschpräparate für den schwächsten elektrischen Reiz, der auch schon dann eintritt, wenn nicht gerade eine Kette geschlossen, sondern nur ein neues Glied zu der nach dem Schema der Linie geordneten Reihe der Körper hinzugefügt wird, wie weiter unten in der Theorie näher nachgewiesen werden soll.

Von anderer Art sind Ritter's pseudogalvanische Versuche[2], nach welchen die Erscheinungen vielmehr an den Augenblick der Schlieſsung und Trennung einer Kette gebunden sind, oder von einer Action abhängen, die sich insofern von der ächten galvanischen Action unterscheidet, daſs jene auf den Augenblick der Schlieſsung und Trennung selbst eingeschränkt bleibt und wesentlich an diesen gebunden ist, während die eigentliche galvanische Action die der geschlossenen Kette selbst ist, und fortdauert, so lange diese geschlossen bleibt. Das Wesentliche dieser pseudogalvanischen Versuche besteht nämlich darin, daſs auch in Fällen, wo die Ketten an und für sich ganz unwirksam sind, wenn sie als geschlossen betrachtet werden, doch eine Action eintritt, wenn die Ketten so geschlossen werden, daſs an der Stelle der Schlieſsung heterogene Glieder mit einander in Berührung kommen, welche Action sich eben durch die in diesem Augenblicke eintretende Zuckung kund thut, während diese Action nicht statt findet, wenn die Schlieſsung an zwei mit einander homogenen oder beinahe homogenen Stellen geschieht. Nie beobachtete Ritter Zuckungen, auch bei höchster Erregbarkeit, sobald, nachdem x oder y schon auf

1 In demselben Werke S. 487.

2 Gehler's Journ. VI. 431.

dem Zink z oder den Tropfen Wasser auf ihm auflag, y oder x mit der Feuchtigkeit an ihnen abermals blofs mit einem Tropfen Wasser, oder einer noch so dünnen Schicht Feuchtigkeit auf dem Zink in Berührung kam, also das Zink an einer nassen Stelle berührt wurde, stets aber nahm er sie wahr, sobald sich das Wasser oder die Feuchtigkeit w blofs am Nerven, an y oder x befand; das Zink also an einer trockenen Stelle berührt wurde. Stets war also Zuckung vorhanden, wenn mit w (dem Wassertropfen) und z geschlossen wurde, nie aber bei der Schliefsung mit w und n (Wasser und Nerv), wo das Ende n wegen seiner Feuchtigkeit einigermafsen als homogen mit w gelten konnte. In den meisten Fällen zuckte nur derjenige Schenkel, dessen Nerv so eben die Kette durch Berührung des Metalls an der trockenen Stelle geschlossen hatte (also z. B. b in Fig. 103.), doch zeigten sich hierin auch einige, jedoch seltene, Abweichungen, so dafs bisweilen der Schenkel a allein oder am stärksten zuckte, ohne dafs der Grund davon aufzufinden war. Auch kehrte sich das Verhalten beider Schenkel während der Dauer der Versuche bisweilen um, so dafs wenn erst b, mit dessen nassem Nerven geschlossen wurde, die lebhafteste Zuckung oder auch allein gegeben hatte, später a sich so verhielt. Diese Art von Kettenschliefsung war auch dann noch wirksam, wenn bereits eine gewöhnliche Kette aus Zinn oder Zink ohne Effect sich zeigte. Auch andere ähnliche Ketten, sobald die Schliefsung derselben mit homogenen Gliedern statt findet, sind ohne Wirkung, die aber sogleich eintritt, wenn die Schliefsung mit heterogenen Gliedern geschieht. Niemals erfolgt eine Zuckung, wenn man im Kreise von Ketten, die in zwei gleiche und ähnliche Hälften getheilt werden können, irgend ein Glied in zwei Theile theilt, oder statt des einen zwei ganz von derselben Art anwendet und mit ihnen die Kette schliefst, wie z. B. wenn man jedes die Nerven armirende z mit einem Tropfen oder mit einer Strecke von Wasser w versieht und beide w durch ein drittes w, einen dritten Tropfen Wasser u. s. w. verbindet, dagegen wird die Zuckung eintreten, wenn man den einen Tropfen entfernt und die Schliefsung an der trockenen Stelle des Zinks mit dem andern Tropfen geschieht. Diese und viele ähnliche Ketten sind zwar, sofern sie geschlossen sind, als unwirksame zu betrachten, sie äufsern auch weder eine exaltirende noch deprimirende Wirkung auf die Erregbarkeit, und doch ist mit dem

Fig. 102. Fig. 103. Fig. 104. Fig. 105.

Acte ihrer Schliefsung eine Thätigkeit gegeben, die durch das galvanische Verhalten der Kettenglieder auf einander zwar bedingt, aber doch von der während des Geschlossenseyns der Ketten fortdauernden Action ganz verschieden ist. Ich gestehe, dafs es mir selbst nie gelungen ist, unter den angegebenen Umständen Zuckungen zu erhalten, dagegen erfolgten bei nicht zu sehr gesunkener Erregbarkeit jedesmal lebhafte Zusammenziehungen, wenn der Nerv schon an einer Stelle mit dem Metalle in Berührung war, und an einer andern Stelle mit einem Wassertropfen, der auf demselben Metalle sich befand, die Kette geschlossen wurde, in welchem Falle die Heterogeneität zwischen der natürlichen Feuchtigkeit des Nerven und dem Wasser schon hinreichend war, eine wirksame Kette zu geben, deren Wirksamkeit dann aber nicht blofs auf den Act der Schliefsung eingeschränkt war; wie denn auch diese Kette als keine solche zu betrachten ist, die in zwei gleiche und ähnliche Hälften getheilt werden kann. Besonders gelangen diese Versuche bei Anwendung des Quecksilbers.

Was übrigens das von Ritter aufgestellte Erklärungsprincip für eine blofs auf den Augenblick der Schliefsung eingeschränkte Action, die nach dieser Schliefsung aufhören soll, betrifft, so werde ich in der Theorie darauf zurückkommen, doch mag hier die vorläufige Bemerkung gelten, dafs auch diese sogenannten pseudogalvanischen Versuche unter die Kategorie ächter galvanischer, von wirksamen geschlossenen Ketten abhängiger, gebracht werden können, wenn man erwägt, dafs zwischen den beiden durch Figur 104 und 105 dargestellten Versuche, wovon der erstere positiv, der zweite negativ ausfällt, der nicht wesentliche Unterschied statt findet, dafs in jenem die vor der Schliefsung mit dem Wassertropfen befeuchtete Stelle des Zinks bereits eine leichte Oxydation erlitten haben konnte, wodurch das Zink gleichsam mit dem Werthe eines doppelten Metalls, eines schwach oxydirten und eines noch vollkommen reinen metallischen Zinks auftritt, und demnach die Kette unter die Kategorie solcher fällt, die nicht in zwei gleiche und ähnliche Hälften getheilt werden können, während in dem zweiten Falle beide Stellen sich gleichmäfsig oxydiren konnten und mufsten, womit denn wieder eine Gleichheit beider Hälften der Kette eintrat.

54. Die galvanische Action äufsert sich nicht blofs als ein

wirksamer Reiz für die Nerven, welche zu den Muskeln gehen, sondern überhaupt für alle Nerven, und bringt dadurch Erscheinungen hervor, welche der eigenthümlichen Thätigkeit dieser Nerven und dem specifischen Reize selbst, welchen diese Action ausübt, gemäfs sind. Die merkwürdigsten Erscheinungen dieser Art sind die eigenthümlichen Empfindungen, welche dieser Reiz durch die Einwirkung auf die Nerven, sofern ihnen die Function der Empfindung übertragen ist, und also insbesondere auf die Nerven der verschiedenen Sinnenorgane ausübt. Im Allgemeinen gelten hierbei dieselben Gesetze, welche wir für die Erscheinung, Stärke, Art und Dauer der Zuckungen, so weit sie durch die verschiedenen Arten der Ketten bestimmt werden, aufgestellt haben, nur dafs die Versuche hier nicht dieselben bequemen Abänderungen zur Begründung dieser Gesetze in ihrem ganzen Umfange zulassen, weil die Empfindungen in jenen Organen sich nur unter der Bedingung, dafs sie mit dem Ganzen noch in ihrem organischen Zusammenhange stehen, erregen lassen. Diese Empfindungen sind nämlich eben so wie die Zuckungen an die Schliefsung einer Kette, oder an die Bildung eines Kreises aus verschiedenen Leitern gebunden, in welchen die Sinnesnerven entweder unmittelbar als Glieder eingehen, oder wenigstens durch andere Nerven eingreifen, mit denen sie in einer genauen Anastomose stehen; sie dauern gewöhnlich so lange fort, als die Kette geschlossen bleibt, doch zeigt sich auch hier in einigen Fällen ein merklicher Unterschied zwischen der Art der Erscheinung im Augenblicke der Schliefsung und während des Geschlossenseyns der Kette, auch hier zeigen sich vorzüglich die Ketten wirksam, in welche zwei heterogene, sich unmittelbar berührende, Metalle als Glieder eingehen, und zwar nach Verschiedenheit dieser beiden Glieder mit demselben Unterschiede in der Stärke der Empfindungen, wie sich derselbe bei den Versuchen mit den Muskeln ergeben hat, und mit einem ähnlichen Einflusse in der verschiedenen Art der Vertheilung des positiven und negativen Erregers, nur dafs hierbei der el. Gegensatz sich noch auffallender in einer Art von Gegensatz der Empfindungen ausspricht; auch hier zeigt sich gleichmäfsig die verschiedene Wirksamkeit der verschiedenen feuchten Erreger, die mit den verschiedenen trockenen Erregern in Wechselwirkung gebracht werden, derselbe Einflufs der verschiedenen Gröfse der Oberfläche, mit welcher die

trockenen Erreger mit den feuchten und also insbesondere mit den Organen selbst, in Berührung gebracht werden u. s. w.

Was nun die einzelnen Sinnenorgane selbst betrifft, so ist, wie bereits oben in der Geschichte des Galvanismus bemerkt worden, viele Jahre vor der eigentlichen Entdeckung des Galvanismus durch Sulzer ein merkwürdiger Versuch über die Einwirkung des galvanischen Reizes auf das Geschmacksorgan bekannt gemacht worden, auf welchen Volta [1], wie es scheint, ohne etwas von diesem früheren Versuche zu wissen, nach Galvani's Entdeckung von neuem hingeleitet wurde, so daſs er ihn in seinen wahren Zusammenhang mit diesen Erscheinungen brachte. Wenn man von zwei verschiedenen Metallen von Zink und Silber das erstere auf die obere Fläche der Zunge gegen die Spitze zu, das letztere an den hinteren Theil dieses Organs oder an irgend einen mit einer dünnen und feuchten Oberhaut versehenen Theil des Körpers, z. B. an den Gaumen, das Zahnfleisch, die Lippen, die Nasenhöhle, das Auge, die Augenlieder u. s. w. bringt oder auch bloſs mit den naſsgemachten Fingern hält, und beide unter einander oder bei zu groſser Entfernung mit einem Metalldrahte, welcher Art er sey, verbindet, so wird sich, sofern hier erst nur von der in der Zunge erregten Empfindung die Rede ist, im Augenblicke der Schlieſsung ein eigenthümlicher Geschmack zeigen, den verschiedene Personen verschieden bezeichnet haben, dem man aber am schicklichsten mit Volta den Namen eines säuerlichen giebt, der eine groſse Aehnlichkeit mit demjenigen hat, welchen ein positiv elektrischer Feuerpinsel in der Zunge hervorruft, und der so lange fortdauert, als die Kette geschlossen bleibt. Kehrt man die Ordnung der Metalle um, so daſs Silber an die Zungenspitze und Zink an einen jener anderen Theile gebracht wird, so wird ein ganz anderer Geschmack eintreten, der etwas Unangenehmes und viele Aehnlichkeit mit demjenigen hat, den eine verdünnte alkalische Auflösung gewöhnlich giebt und den auch Volta sehr passend mit dem Namen eines scharfen, brennenden, laugenhaften bezeichnete. Dieser Geschmack ist indeſs weniger lebhaft als der saure, wie er denn auch wohl gar nicht bemerkt worden ist, z. B. von le Hot [2], dagegen stellt

1 S. Aloysi Galvani Abh. u. s. w. übers. von Mayer Vorrede S. 18.
2 G. IX. 193.

sich bei Oeffnung dieser Kette der saure Geschmack deutlich ein, den dieser letzterwähnte Beobachter allein empfand, doch ist er schwächer als bei der zuerst angewandten Vertheilung der Metalle. Die unmittelbare Bewaffnung der Zungenspitze durch die Metalle ist nicht nöthig, woraus sich schon allein ergeben würde, dafs dieser Geschmack vom Metalle, als solchem, nicht abhängt. Taucht man die Zungenspitze in ein Glas voll Wasser, in welchem ein Blättchen von Zinn oder Silberpapier schwimmt, so wird sogleich der saure Geschmack empfunden, sobald der Griff eines silbernen Löffels, dessen erhabenen Theil man auf die Mitte oder den Hintertheil der Zunge legt, jenes Zinnblättchen berührt, und dauert in einem gleich lebhaften Grade so lange fort, als die Berührung unterhalten wird. Welche zwei trockene Erreger, die eine hinlänglich starke Action geben, um die Zungenspitze noch lebhaft zu rühren, man anwende, so wird stets der *säuerliche* Geschmack zum Vorschein kommen, wenn der positive von beiden die Zungenspitze und der negative irgend einen andern nahen oder entfernten Theil bewaffnet, der *alkalische* dagegen bei umgekehrter Vertheilung. Wenn das negative Metall auf dem Rücken der Zunge nach der Wurzel derselben, das positive näher an der Spitze sich befindet, so scheinen beide Arten von Geschmack zugleich empfunden zu werden, der alkalische nach hinten, der saure nach vorn. Wenn von zwei mit nassen Händen sich fassenden Personen, die eine das positive, die andere das negative auf der Zunge hat, so wird vom Augenblicke der Schliefsung dieses Kreises durch Berührung der Metalle unter einander die letztere den alkalischen, die erste den säuerlichen Geschmack haben. Es bedarf, um diese Geschmacksempfindung hervorzubringen, nicht gerade zweier heterogener Erreger der ersten Classe, sondern auch ein einzelner trockener Erreger ist dazu hinreichend, wenn nur aufser dem Organe selbst noch ein feuchter Erreger mit als Glied in die Kette eintritt, der durch seine Berührung mit dem trockenen Erreger eine hinlänglich starke galvanische Action bewirkt. Einen interessanten Versuch dieser Art gab Volta schon in der ersten Zeit dieser Entdeckung an [1]. Man fülle einen zinnernen Becher mit Seifenwasser, Kalkmilch, oder besser mit mäfsig starker Lauge, fasse den Becher mit einer oder

1 Gren's N. J. III. 480.

beiden Händen, die man mit bloſsem Wasser feucht gemacht hat, und bringe die Spitze der Zunge mit der Flüssigkeit in Berührung, so wird man im Augenblicke des Contacts die Empfindung von einem sauren Geschmack auf der Zunge erhalten; im ersten Augenblicke ist dieser Geschmack sehr entschieden sauer, bald nachher verwandelt er sich aber in einen davon verschiedenen, minder sauren, mehr salzigen und stechenden, bis er endlich scharf und alkalisch wird, so wie die Flüssigkeit mehr auf die Zunge wirkt. Dieser Versuch scheint zu beweisen, daſs nicht die durch Zersetzung des Kochsalzes des Speichels an dem positiven Metalle entbundene Säure, und das an dem negativen Metalle frei gewordene Laugensalz den Geschmack verursachen. Uebrigens spielt in diesem Versuche die alkalische Lauge die Rolle des positiven Metalls, wie dieselbe denn auch nach den bereits oben (Nr. 25.) angegebenen Versuchen mit dem Zinn starke positive Elektricität annimmt.

Eben so ausgezeichnet wie auf das Geschmacksorgan ist die Einwirkung der einfachen galvanischen Kette auf das Gesichtsorgan. Schon bei jener Art der Anstellung des Geschmacksversuchs, wo das Auge selbst, oder ein durch seine Nerven mit denen des Auges in naher Verbindung stehender, mit dünner Oberhaut versehener, feuchter Theil des Kopfes, wie die Nasenhöhle, der Gaumen, die innere Seite der Wangen, die spongiöse Substanz der Oberzähne u. s. w. mehr oder weniger Glieder der Kette sind, wird man bei der Schlieſsung der Kette eine blitzähnliche Erscheinung gewahrwerden, die indeſs ihre höchste Stärke nur dann hat, wenn das Auge selbst in die Kette mit eingeht. Wenn zugleich beide Augen oder beide Nasenhöhlen, die spongiöse Substanz der Oberzähne auf beiden Seiten, die innere Seite beider Wangen mit zwei wirksamen Erregern bewaffnet und die Kette durch Berührung beider unter einander geschlossen wird, so erhält man dasselbe Phänomen in beiden Augen. Auch hier hat die Art der Vertheilung der beiden Erreger Einfluſs auf die Stärke der Erscheinung. Der Blitz wird lebhafter seyn, wenn von den beiden Erregern der positive, also z. B. das Zink, das Auge unmittelbar oder einen jener mit dem Auge durch Nerven anastomosirender Theile, der negative, also z. B. das Silber, einen entferntern Theil bewaffnet, als umgekehrt. Volta scheint zuerst diese Einwirkung des Galvanismus auf das Auge beobach-

tet zu haben. Er bewaffnete den Augapfel mit einem Blättchen Stanniol oder Silberpapier, brachte in den Mund eine Silbermünze oder einen silbernen Löffel, und die beiden Metallstücke mittelst zweier metallischer Spitzen in Berührung. Er wandte auch die mittelbare Bewaffnung des Auges durch Zwischenbringung eines nafsgemachten Polsters von Leinewand an, und erregte die Lichterscheinung und den sauren Geschmack zugleich, wenn er die Spitze der Zunge mit Zinn, das Polsterchen mit Silber bewaffnete, und die Kette dann schlofs [1]. Die auf diese Art erregte Gesichtsempfindung wurde von allen früheren Beobachtern bis auf Ritter im allgemeinen als ein blitzähnlicher und nur auf die Schliefsung der Kette beschränkter Schein beschrieben, ohne weitere Modificationen zu beachten. Dieser aufmerksame Beobachter dagegen hat noch folgende nähere Bestimmungen dieser Erscheinungen wahrzunehmen geglaubt [2]. Legt man eine Zinkplatte fest an den Augapfel, schliefst das Auge nicht, sondern hält es offen und stet, bewegt auch die Augenlieder nicht, und bringt dann eine Silberplatte oder Silbermünze, womit man die obere Fläche der Zunge belegt hat, ohne Zittern mit dem Zinke in unmittelbare Berührung, so entsteht in diesem Augenblicke ein Lichtschein, den man gewöhnlich einen Blitz nennt, der sich aber von einem wirklichen Blitze darin unterscheidet, dafs auf ihn nicht wieder die vorige Finsternifs folgt, sondern dafs man einen fortdauernden, nicht zitternden, nicht sich alle Augenblicke erneuernden Schein, eine Hellung im Auge behält, von der man weifs, dafs sie vorher nicht da war, und dafs dem so sey, davon überzeigt man sich noch weiter dadurch, wenn man mit fester Hand die beiden Metalle so trennt, dafs in der Trennung nur Aufhören des Contacts, nicht neue Berührung und Trennung enthalten ist, wo man alsdann bemerken wird, dafs der Zustand des Auges, in welchem es sich vor dem Versuche befand, wieder eintritt, und das Licht verschwunden ist, welches Lichtverschwinden dem eines Blitzes abermals sehr ähnlich ist, nur wird man bei rechter Sorgfalt nicht finden, dafs das plötzlich verschwindende Licht auch in diesem Augenblicke erst entstanden sey. Kommen, Bleiben, Verschwinden eines erhöhten Lichtzustandes des Au-

1 Volta's Schriften über thier. El. 1795. Vorrede S. 5.

2 Beweis u. s. w. S. 88. ff.

ges sind demnach die der Schliefsung, dem Geschlossenseyn und der Trennung der Kette correspondirende Phänomene. Bringt man dagegen mit Beobachtung der nämlichen Vorsicht, wie vorher beim Zink angegeben ist, das Silber an den Augapfel, und die Zinkplatte an die Zunge, und beide auf erwähnte Art in Verbindung, so erfolgt gerade das Umgekehrte des vorigen Versuchs; in dem Augenblicke der Schliefsung der Kette bemerkt man zwar gleichfalls eine blitzähnliche Erscheinung, aber sie ist ganz gleich derjenigen, die man im vorigen Versuche bei der Trennung wahrnahm, es schwindet nämlich eine Portion Licht, die man vorher gar nicht gehabt zu haben glaubte, von deren Gegenwart vor dem Versuche man aber jetzt durch ihren eintretenden Mangel überzeugt wird, das Auge wird in einen dunklern Zustand versetzt, es wird finsterer, und diese relative Finsternifs hält so lange an, als die Kette geschlossen bleibt; trennt man die Metalle behutsam, so stellt sich eben damit der Zustand des Auges vor dem Versuche wieder her, die Finsternifs verschwindet, es tritt eine Hellung an ihre Stelle, und man weifs, dafs sie ganz derjenigen gleiche, welche vor der Anstellung des Versuchs im Auge war, deren man sich aber dort, wegen ihrer Gleichförmigkeit nicht unmittelbar bewufst war. In diesem Versuche correspondiren also Kommen, Bleiben und Schwinden eines erniedrigten Lichtzustandes des Auges der Schliefsung, dem Geschlossenseyn und der Trennung der Kette. Diese beiden Zustände beziehen sich demnach auf eine fortdauernde mittlere Lichttemperatur im Auge, die in dem einen Falle erhöht, in dem andern vermindert wird. Aufser diesem Gegensatze in der Lichttemperatur nach Mafsgabe der Vertheilung der beiden Metalle glaubte Ritter bei Gelegenheit der später angestellten Versuche mit der Säule auch eine Art von Gegensatz in der Farbe des Lichtscheines selbst beobachtet zu haben, sofern nämlich der mit der positiven Einwirkung auf das Auge eintretende Blitz sich durch eine blaue Farbe charakterisiren soll, welche auch der fortdauernden Helligkeit während des Geschlossenseyns zukomme, und im Augenblicke der Trennung mit einer röthlichen wechsele, während bei umgekehrter negativer Einwirkung auf das Auge ein röthlicher Blitz erfolge, und die damit verbundene relative Verfinsterung durch einen blauen Blitz verschwinde. Ich konnte bei Anstellung dieser Versuche nie so bestimmte Resultate erhalten, und wenn auch

wirklich in dem Auge Erscheinungen vorkommen, die einen ähnlichen Gegensatz andeuten, wie wir ihn schon bei den Muskeln und noch entschiedener bei dem Geschmacksorgane angetroffen haben, so wird es doch sehr schwer seyn, mit einem so beweglichen Organe diese Erscheinungen in ihrer ganzen Bestimmtheit aufzufassen und bei der so mannigfaltigen Verschiedenheit der Reizempfänglichkeit und des Farbensinnes der Augen verschiedener Beobachter wird wohl schwerlich eine Uebereinstimmung in ihren Aussagen in dieser Hinsicht statt finden, wie ja selbst über die Art der Geschmacksempfindung die Angaben verschiedener Beobachter sehr abweichend ausfallen. Auf das Geruchs- und Gehörs-Organ bleibt die Einwirkung der einfachen galvanischen Kette ohne merklichen Erfolg, sofern nämlich von Erregung der diesen Sinnen zukommenden specifischen Empfindungen die Rede ist. Bringt man indeſs ein etliche Zoll langes, einige Linien breites und dickes, gut abgerundetes Stück Reiſsblei so tief als es ohne Gefahr geschehen kann, in die eine Nasenhöhle und drückt es sachte an die Nasenscheidewand an, in die andere auf gleiche Weise ein ähnliches Stück Zink, und verbindet beide mit einem Stücke Zink oder einem beliebigen Stücke Metall, doch so, daſs nach Schlieſsung der Kette dieselbe einige Zeit ungestört geschlossen bleibt, so sieht man im Augenblicke der Schlieſsung einen mäſsigen Lichtwechsel vor beiden Augen, und zwar den positiven (?) in dem, was sich mit dem Reiſsblei auf einer Seite des Kopfes befindet, aber zugleich empfindet man einen heftigen Schlag auf die Scheidewand an den Endpuncten beider Erreger, und man glaubt eine Zuckung in dem Innern der Nase zu bemerken; auf der Seite, wo das Zink anliegt, ist der Schlag mehr druckartig, und scheint gleichsam von dieser auszugehen, da aber, wo das Reiſsblei anliegt, verwandelt er sich in ein sehr empfindliches Stechen, welches so lange fortdauert, als die Kette geschlossen bleibt; zugleich zeigt sich ein Hang zum Niesen, welches auch wohl nach längerer Fortsetzung des Versuchs eintritt. Fowler wollte die Empfindung einer unangenehmen Kopferschütterung bei der Armirung beider äuſseren Gehörorgane durch Zink und Silber gehabt haben. Ritter fühlte nur eine mäſsig stechende Empfindung in den innern Theilen des Ohrs, deren Beginnen von einer sich über den Kopf verbreitenden Welle sanften Drucks begleitet zu seyn schien.

Auf das Gemeingefühl wirkt der Galvanismus, indem in empfindlichen Theilen, die als Glieder in die Kette eingehen, wenn sie unmittelbar bewaffnet sind, wie z. B. in den Lippen, Gaumen, im Anus, in der Urethra, eigenthümliche stechende, brennende oder drückende Empfindungen hervorgebracht werden, die sich zu jenen angeführten eigenthümlichen Sinnesempfindungen noch hinzugesellen. Dabei charakterisirt sich die Einwirkung des positiven Metalls mehr durch ein brennend stechendes, die des negativen durch ein drückendes Gefühl. Besonders erleiden Wunden mancherlei Art bei schicklicher Bewaffnung die auffallendsten Schmerzen. v. Humboldt machte sich absichtlich Hautwunden auf der Schulter und dem Rücken durch spanische Fliegenpflaster, und armirte sie mit Zink und Silber. Bei der Schliefsung der Kette fühlte er ein heftiges schmerzhaftes Pochen, der Musculus cucullatus schwoll heftig auf, so dafs sich seine Zuckungen aufwärts bis ans Hinterhauptbein und die Stachelfortsätze der Rückenwirbelbeine fortpflanzten. Eine Berührung mit Silber gab 3 - 4 Schläge, die deutlich unterschieden wurden. Die in der rechten Schulter durch die starke Reizung häufig herbeigelockte lymphatisch-seröse Feuchtigkeit war roth gefärbt, und wie bei bösartigen Geschwüren so scharf geworden, dafs sie, wo sie den Rücken hinablief, denselben in Striemen entzündete[1]. Michaelis fühlte bei Wiederholung dieser Versuche die schmerzhaften Empfindungen nur in der Nähe der Wunde, wo der negative Erreger, also das Gold oder die Kohle, nie wo das Zink lag[2].

Von der arzneilichen Anwendung dieses kräftigen Reizmittels wird noch weiter unten die Rede seyn.

B Theoretische Betrachtungen.

55. In der ersten Periode des Galvanismus, als die Erscheinungen, welche derselbe in der Sphäre des Lebens hervorruft, ausschliefslich die Aufmerksamkeit der Physiker beschäftigten, und diese auch nur allein bekannt waren, war es nicht zu ver-

1 Gren's N. J. II. 119. Ueber die gereizte M. und N. faser. I. 197.

2 Ebend. IV. S. 47.

wundern, dafs man geneigter war, den ganzen Vorgang mehr als einen physiologischen denn als einen physikalischen zu betrachten, und so erklären sich jene früheren Theorien GALVANI's, VALLI's, ALDINI's, v. HUMBOLDT's, FOWLER's u. a. die, da ihre Unrichtigkeit jetzt allgemein anerkannt ist, weder eine umständliche Darstellung verdienen, noch viel weniger eine Widerlegung erfordern. GALVANI kam schon mit einem gewissen Vorurtheile für eine den Thieren eigenthümliche E. als der wahren Ursache ihrer lebendigen Bewegungen zu diesen Versuchen, und so erklärt es sich leicht, wie er dieselben zu Gunsten seiner früheren Hypothese deuten, und die Erklärung derselben dieser gemäfs auffassen mufste, da der Antheil der E. an diesen Erscheinungen sich dem ersten Blicke schon aufdringen mufste. Nach ihm sollten die Nerven die Organe seyn, in welchen die den Thieren eigenthümliche E. vorzüglich wirkt, und durch welche sie dem ganzen Körper mitgetheilt wird, so wie das Gehirn das wichtigste Absonderungsorgan derselben. Die innere Substanz der Nerven, wahrscheinlich die dünnste Lymphe, nahm er an, sey mit Leitungsfähigkeit für diese E. begabt, und mache daher die freie und schnelle Bewegung derselben durch die Nerven möglich; zugleich verhindere aber der ölige Ueberzug der Nerven die Zerstreuung dieser E. und erlaube ihre Anhäufung. Die vorzüglichsten Behälter dieser thierischen E. seyen die Muskeln; sie stellen gleichsam eine Leidner Flasche vor, und zwar sey ihre äufsere Oberfläche negativ, in ihrem Innern hingegen sey die E. angehäuft, dieses also positiv. Der Nerv sey der Conductor dieser Flasche, welcher neben den Blutgefäfsen die Muskeln mit E. versehe. Der Mechanismus aller Bewegungen bestehe kurz darin, dafs die el. Flüssigkeit aus dem Innern der Muskeln in die Nerven derselben gezogen und geleitet werde, und dafs sie nun aus diesen auf die äufsere Oberfläche der Muskeln überströme, folglich jede Zusammenziehung gleichsam durch eine Entladung der muskulösen Leidner Flasche bedingt sey, indem die auf das Aeufsere der Muskeln überströmende E. auf die reizbaren Muskelfasern einen Reiz ausübe. In den neu entdeckten Erscheinungen glaubte GALVANI die entscheidendsten Beweise für diese Theorie und zugleich in dieser die befriedigendste Erklärung jener zu finden. Indefs war diese Theorie ganz unvermögend, von den damals schon bekannten Bedingungen und den Abänderungen jener Erschei-

nungen nach Verschiedenheit der äufseren Umstände, wie unter anderen von dem Einflusse der Verschiedenheit der beiden Metalle auf die Stärke der Zuckungen, von der Zulänglichkeit der bloſsen Bewaffnung der Nerven mit den beiden Erregern u. s. w. u. s. w. gehörige Rechenschaft zu geben, und nur die Annahme der E. als Ursache derselben war nicht verfehlt.

Ganz andere Ansprüche auf Beifall konnte die von dem berühmten Alex. v. Humboldt im Jahre 1797 aufgestellte Theorie dieser Erscheinungen machen, da sie von den besonderen Bedingungen derselben eine auf Analogie mit der Wirkungsart bekannter Kräfte gestützte, gröſstentheils genügende Rechenschaft gab, und durch viele neue Versuche unterstützt wurde. Daſs dem ohngeachtet dieser scharfsinnige Naturforscher doch nur einen Irrthum geistreich ausschmückte und die rechte Bahn verfehlte, auf welcher Volta damals schon so groſse, dem deutschen Physiker nicht unbekannt gebliebene, Fortschritte gemacht hatte, und den elektrischen Charakter dieser Erscheinungen leugnete, läſst sich nur aus so manchen anscheinenden Anomalien, mit denen hier die E. auftritt, begreifen, unter welche Anomalien vorzüglich der Umstand gehörte, daſs sie die ihr sonst so wesentlich zukommende Eigenschaft, durch Anziehung und Abstoſsung nach auſsen zu wirken, nicht offenbarte, auch das hier wirksame Agens in seiner Leitung durch die Körper andere Verhältnisse zu zeigen schien, als die gewöhnliche E. So sollte dieses Agens durch Knochen, Lichtflamme und Rauch, heiſses Glas und den luftverdünnten Raum vollkommen isolirt werden, welche sämmtlich gute Leiter der E. sind. Dann glaubt auch v. Humboldt, die Volta'sche Theorie von einer im Kreislaufe bewegten E. und die Nothwendigkeit einer geschlossenen Kette durch jene Versuche ohne Kette (Nr. 52) vollkommen widerlegt. Endlich fand er in allen seinen Versuchen eine so nahe Verwandtschaft zwischen der Ursache dieser Erscheinungen und der Lebenskraft selbst, daſs er dadurch bewogen wurde, dem diesen Erscheinungen zum Grunde liegenden Agens selbst einen solchen höheren Charakter beizulegen. Er nahm daher ein eigenes *galvanisches Fluidum* an, das zusammengesetzt seyn könne, wie die E., auch mit dieser in naher Verwandtschaft stehe, ohne jedoch mit ihr gleichartig zu seyn, z. B. wie Blut und Milch, so daſs die Frage, ob das galvanische Fluidum eine Modification des elektrischen sey, nicht mehr Sinn

zu haben scheine, als die, ob Salpeter eine Art Kochsalz sey. Dieses galv. Fluidum, das den eigentlichen Reiz für die irritable Faser ausmacht, sollte die Kraft besitzen, auch aus der Ferne auf die Nerven zu wirken, wofür v. Humboldt folgende sonderbare Erfahrungen als Belege anführt. Als er nämlich in einem Falle 3 — 4 Cubiklinien frisches Muskelfleisch auf eine Nervenarmatur aus Zink gelegt hatte, so bemerkte er die Zuckungen nicht bloſs bei der unmittelbaren Berührung des Muskelfleisches mit einem gelinden Excitator, welcher mit seinem andern Ende auf dem Schenkel ruhte, sondern auch indem er mit dem andern Ende des Excitators nur ¾ Par. Linien von dem Muskelfleisch entfernt blieb. Wurde eine dünne Glasscheibe zwischen das Muskelstück und Metall so gehalteu, daſs sie keines von beiden berührte, so fand der Reiz nicht weiter statt, der aber sogleich mit Hinwegnahme der Glasplatte wieder eintrat. Während des Experiments vergingen wohl 10 — 12 Minuten. Dabei zeigte sich, daſs, je öfter der Versuch wiederholt, je häufiger die Zusammenziehungen erregt wurden, desto mehr er sich mit dem Ende des metallischen Excitators dem Muskelfleische nähern muſste. Wenn bei einem Abstande von einer Linie keine Zuckungen eintraten, so erschienen sie wieder heftig bei einem Abstande von einer halben Linie oder bei einem noch geringeren. Neue Stücke Muskelfleisch aus demselben Froschschenkel, aus welchem jenes genommen worden war, zeigten sich dagegen ohne alle Wirkung. Derselbe Versuch gelang ihm noch ein zweitesmal bei einem Frosche, welchen er aus dem Winterschlafe durch Stubenwärme erweckt hatte. Der Cruralnerv lag auf Zink und auf diesem ein Stück frisches Muskelfleisch von demselben Individuum, und der gebrauchte Excitator war von Silber. Die Figur zeigt in den punctirten Linien um das Muskelfleisch anschaulich, wie sich der Wirkungskreis Fig. 106.
desselben bei der Fortsetzung der Versuche allmählig zusammenzog, und der Excitator von Silber a mit seinem einem Schenkel von ¾ Linien Abstand an allmälig dem Muskelfleische mehr genähret werden muſste, bis endlich unmittelbare Berührung erforderlich war. Von mehreren anderen Stücken aus dem Schenkel desselben Individuums war nur noch eins, welches auf diese Art aus der Entfernung wirkte. Eine ähnliche sensible (erregbare) Atmosphäre wie um das Muskelfleisch will v. Humboldt bei sehr erregbaren Fröschen auch um die Nerven beobachtet

haben[1], womit gleichsam eine Action des galvanischen Reizes ohne eigentliche Kettenschliefsung gegeben wäre. Durchschnitt er nämlich den so weit als möglich aus dem Schenkel präparirten Cruralnerven etwa 2 Linien oberhalb seiner Insertion in die Schenkelmuskeln und entfernte beide Nervenstücke auf einer recht trockenen Glasplatte etwa $\frac{1}{4}$ Linien von einander, wobei alle Vorsicht angewandt wurde, dafs in diesem Zwischenraume sich durchaus nichts von herausgequollenem Nervenmarke oder sonstiger Feuchtigkeit befand, so entstanden Zusammenziehungen, als die Armatur M durch einen heterogenen metallischen Leiter mit c d oder auch selbst mit a b verbunden wurde. Es war hierbei auch gar nicht nöthig, dafs die Schnittflächen c und b sich einander gegenüberstanden; sie entstanden auch, wenn c der Seitenfläche des Nervenstücks a b irgendwo auf $\frac{1}{4}$ Linien Entfernung genähert wurde. So wie die Erregbarkeit der Organe abnahm, war die Berührung von a b nicht mehr hinreichend zur Erregung der Zusammenziehungen, sondern c d mufste selbst von dem Excitator, der mit der Armatur M in Verbindung stand, berührt werden, und bei allmälig sinkender Erregbarkeit mufste das untere Nervenende c dem obern b näher gebracht, und der Abstand nach und nach auf 0 reducirt werden. Bei manchen Individuen betrug das Maximum dieser sensibeln Atmosphäre nur $\frac{1}{4}$ Linie, und die gröfste Dauer, während welcher diese Versuche gelangen, 5 — 8 Minuten. Das sonderbarste hierbei ist, dafs es eben nicht nöthig seyn soll, dafs a b und c d Theile eines Nerven sind, indem der Versuch eben so gelang, wenn a b von den andern Schenkelnerven entweder desselben oder eines gleichartigen Frosches genommen ward, ja selbst dann, wenn die Nervenstücke der Rana esculenta und der Kröte und die der Rana temporaria und Lac. agilis einander gegenüber gelegt wurden; doch nicht zwischen den Nerven warmblütiger Thiere gegen die der kaltblütigen. Wenn man bei sehr reizbaren Organen die Nervenenden a b und c d durch untergelegte Glasröhren dergestalt erhöhte, dafs ihre Schnittflächen b und c $\frac{1}{4}$ Linien weit aus einander in freier Luft abstanden, und man eine dünne Glasscheibe e f dergestalt zwischen dieselben brachte, dafs sie weder b noch c berührte, so wurden die Muskelbewegungen, die vorher durch Verbindung von M und d

Fig. 107.

1 a. a. O. S. 215.

mittelst eines Excitators erregt werden konnten, dadurch sogleich verhindert, kamen aber wieder zum Vorschein, wenn diese Scheite von Glas entfernt, oder mit einer von Metall vertauscht wurde. Aus allen diesen Erfahrungen zog v. Humboldt den Schlufs, dafs die belebte sensible Faser eine Kraft besitze, eine reizende Atmosphäre um sich zu verbreiten, die mit dem Sinken des Lebens selbst sich zusammenzieht und dafs dasjenige, was aus dem Nervenstücke ausströmt und das entfernte reizt, nichts gasförmiges sey, sondern in seinen Wirkungen mehr mit den strahlenden Flüssigkeiten übereinkommen, folgerte er namentlich daraus, dafs eine zwischengebrachte Metallplatte die Wirkung nicht aufhebt.

Beimischung des galvanischen Fluidums zu den Elementen der Muskelfaser veranlafst nach v. Humboldt diese Elemente, ihre Lage zu verändern, und jede Contraction ist Folge eines veränderten chemischen Mischungszustandes. In der Erregung der willkürlichen Bewegungen geht ein chemischer Procefs in den Nerven vor, durch welchen mehr galv. Fluidum plötzlich abgeschieden, oder in die Nerven geleitet wird. Der Entladung der Nerven folgt daher fibröse Erschütterung, durch welche das zugeleitete galv. Fluidum entweder gebunden oder verflüchtigt wird, worauf die Elemente der Muskelfaser wieder in ihre vorige Lage treten, d. h. die Turgescenz aufhört. Nach diesen Prämissen erklärt nun v. Humboldt die besondern galvanischen Erscheinungen auf folgende Weise. Wenn ein Theil des Nerven frei heraus präparirt ist, so wird in dem von der Luft umgebenen Theile des Nerven eine gröfsere Anhäufung von galv. Fluidum statt finden, als in dem, welcher vom Muskelfleische umgeben ist, weil bei gleich starker Absonderung desselben in beiden Theilen in letzterem durch die leitende Muskelsubstanz mehr zerstreut wird, als durch die isolirende Luft. Bringt man daher nun die Muskeln in unmittelbare Berührung mit dem entblöfsten Nerven, so mufs eine Entladung als Folge der ungleichen Ladung entstehen. Daraus erklärt sich denn auch, warum dieser Versuch etwas später nach der Präparation nicht gelingt, weil bei dem organischen Zusammenhange des entblöfsten Theils des Nerven mit dem unentblöfsten und den Muskeln die Ueberladung bald aufhören wird, indem der stärker geladene Theil dem schwächer geladenen nach und nach und von selbst abgiebt, auch nicht, wenn der Nerv nicht frei

herauspräparirt, sondern von leitenden Stoffen umgeben ist, wo keine Ueberladung statt finden kann, weil allen Organen gleichviel von den leitenden Medien entzogen wird, und endlich, warum er nicht gelingt, wenn sich die Muskeln von dem entblöſsten Theile des Nerven nur in einer geringen Entfernung befinden, weil sich das Gleichgewicht um so früher von selbst herstellt, je näher sich die Theile sind.

Die Wirkungsart der durch ihren Eintritt in die Kette die Reizung bestimmenden fremden Glieder reducirt v. Humboldt im Allgemeinen darauf, daſs sie, indem sie dem überströmenden Fluidum Hindernisse in den Weg legen, die Kraft desselben beim *plötzlichen Durchbruche* verstärken, in welcher Hinsicht sich v. Humboldt auf analoge el. Erscheinungen bezieht, wenn sich z. B. frei liegendes Schieſspulver durch el. Schläge nicht leicht entzündet, wenn die el. Materie durch vollkommene Leiter in das Pulver geleitet wird, die Explosion aber sogleich erfolgt, wenn die Leitung durch Halbleiter unterbrochen wird. Ist daher die Erregbarkeit der Organe so weit gesunken, daſs ein unmittelbarer Contact unter diesen keine Zuckungen hervorbringt, so muſs das galvanische Fluidum durch thierische Stoffe vom Nerven in die Muskeln geleitet werden, um Contractionen zu erregen. Ist dieses Hinderniſs zu schwach, so muſs ihm ein gröſseres entgegengestellt werden. Man bedient sich dann, da das galv. Fluidum als thierische Flüssigkeit leichter durch thierische Stoffe als durch Metalle strömt, eines oder mehrerer homogener Metalle. Ist auch bei diesen das Hinderniſs und damit der Durchbruch zu schwach, so wird die Anlegung heterogener Metalle erforderlich. Kurz die Kraft wirkt immer um so stärker, je gröſser das Hinderniſs ist, je mehr Flüssigkeit sich in dem Leiter anhäuft, und je stärker der Durchbruch erfolgt. Da die Leiter am Nerven und Muskel oft gleichzeitig anliegen, so entstehen dadurch zwei Ströme. Das galv. Fluidum strebt eben sowohl aus dem Muskel als aus dem Nerven die Leitung zu durchbrechen; findet es von beiden Seiten gleiche Hindernisse, so werden sich die durchgehenden Ströme in der Mitte der Leitung begegnen und sich zurückdrängen. Aehnliche mechanische Verhältnisse der Leitung und Strömung geben auch einen scheinbaren Erklärungsgrund für jenen interessanten Versuch Volta's, wo keine Zuckungen entstehen, wenn das Froschpräparat mit den Muskeln in dem einen Glase,

mit den Nerven und dem anhängenden Theile des Rückgrats in einem andern Glase sich befindet, und ein metallischer Bogen die Leitung zwischen beiden macht, wenn er an beiden Enden mit einer gleichen Säure benetzt ist die sogleich eintreten, wenn verschiedenartige Säuren genommen werden, so wie auch für den Einfluſs der Vertheilungsart der Metalle in die Nerven und Muskeln, und ob die Kette vom Nerven oder den Muskeln ausgeschlossen wird u. s. w. u. s. w. auf die Stärke der Zuckungen. Auch begreife man, daſs die eigene el. Ladung, in welcher sich alle Metalle befinden, daſs ihre Temperatur und chemische Affinität, und besonders der el. Proceſs, welcher bei Verdampfung von tropfbaren Flüssigkeiten entsteht (wodurch v. Humboldt den Einfluſs seines sogenannten Hauchversuchs, von dem weiter unten noch die Rede seyn wird, erklärt glaubt,) die Hindernisse mannigfaltig modificiren, welche das galv. Fluidum bei seinem Durchströmen durch die Leitung findet.

Man erkennt in dieser gedrängten Darstellung einige Aehnlichkeit mit Volta's Theorie, die sich jedoch zu ihr, wie die hellleuchtende Sonne zur Morgendämmerung verhält, und in deren Darlegung auch die gründlichste Widerlegung derselben liegt. Auch Fowler leugnete die el. Natur dieser Erscheinungen, und bezeichnete die Ursache derselben mit dem allgemeinen Namen einer Influenz, deren Quelle er in den Blutgefäſsen annahm und somit in die Sphäre des Lebens verwies. Indeſs habe ich schon in der frühesten Periode des Galvanismus die Unhaltbarkeit der Einwürfe Fowler's gegen die el. Natur des hierbei wirksamen Agens nachgewiesen[1], die jetzt vollends nicht mehr in Betracht kommen.

56. Volta hat sich das unsterbliche Verdienst erworben, gleich vom Anfange an diese Erscheinungen aus einem Gesichtspuncte aufgefaſst zu haben, durch welchen sich ein einfaches durchgreifendes Erklärungsprincip für dieselben ergab, das im Fortgange seiner Forschungen von diesem scharfsinnigen Physiker zu immer gröſserer Klarheit und umfassender Anwendbarkeit entwickelt wurde, auf jeder neuen Probe, auf die es gebracht ward, sich immer von neuem bewährte, und in der fruchtbarsten Entdeckung am Schlusse des vorigen Jahrhunderts, derjenigen der Säule, die gleichsam aus ihm hervorging, sich

1 Ueber th. El. und Reizb. S. 370.

vollends verherrlichte. Wenn auch diese Theorie in den neuesten Zeiten vielfältig angegriffen worden ist, und gerade da am wenigsten befriedigend erscheint, wo von ihr mit Recht gefordert wird, den tieferen Zusammenhang des Galvanismus mit andern großen Naturerscheinungen, insbesondere mit dem chemischen Processe, in ein helleres Licht zu setzen, so bleibt sie doch immer ein vortreffliches Schema, um sich mit Hülfe desselben in den mannigfaltigsten Verwickelungen leicht zu orientiren, und will man auch die Art, wie Volta den verborgenen Vorgang dieses regsten Lebens der Natur aufgefaſst hat, nur als ein bloſses Gleichniſs gelten lassen, so kann man mit Recht fragen, ob wir jene, sich in die Tiefe der Natur zurückziehenden, gleichsam mehr rein dynamischen Vorgänge, uns überhaupt anders verdeutlichen können, als in Gleichnissen mit den Vorgängen der allen unsern Sinnen und insbesondere unserem Tast- und Gefühlssinnen unmittelbar unterworfene Materien, die in ihrer räumlichen Bestimmtheit der mathematischen Construction am sichersten unterworfen werden können.

Um die Hauptsätze dieser Theorie zu entwickeln, fasse ich sie in der gröſsten Vollendung auf, die sie nach der Erfindung der Säule, welche allem Schwankenden in Rücksicht auf die wahre Natur des hierbei thätigen Agens ein Ende machte, gewonnen, wobei ich indeſs die ausführlichere Auseinandersetzung der Theorie in Volta's früheren Aufsätzen, die sich auf die einfache Kette bezogen, gehörig benutzen werde, womit sich denn von selbst ihre Anwendung auf die specielle Erklärung der Hauptclassen von Erscheinungen darbieten wird. Da Volta ein Anhänger der Franklin'schen Theorie ist, so trägt auch seine Theorie des Galvanismus diese Gestalt an sich, in welcher sie demnach auch hier mitzutheilen ist; doch werde ich im Fortgange Gelegenheit haben, sie in die Sprache des Dualismus zu übersetzen, und aus diesen Erscheinungen selbst neue Beweise für die Richtigkeit der dualistischen Ansicht abzuleiten.

I. Nach Volta wirken alle Körper, welche in Folge der bloſsen Berührung el. Erscheinungen zeigen, die vorher nicht vorhanden waren, kurz alle Erreger des Galvanismus durch eine eigenthümliche Kraft auf einander, durch welche das bisher zwischen ihnen bestandene el. Gleichgewicht aufgehoben, die E. in dem einen, demjenigen nämlich, der im Contact mit dem andern positiv el. auftritt, angehäuft, und in dem andern,

dem negativ el. werdenden, um eben soviel vermindert wird. Diese Kraft hat für jedes Paar von Körpern eine bestimmte Grenze, welche durch den Grad der el. Spannung, die jeder derselben durch diese Berührung annimmt, angezeigt wird. Diese Kraft nennt VOLTA eine Kraft der Impulsion[1], oder des Antriebes von einem zum andern, weil sich nur nach dieser Analogie das Verhalten der E. in den beiden Körpern begreifen lasse. Er erklärt sich ausdrücklich dagegen, diese Anhäufung der E. in dem einen Körper als eine Folge etwa einer gröſseren Anziehung oder Capacität des positiv el. werdenden für dieſes Fluidum anzusehen, weil dadurch die irrige Idee herbeigeführt würde, als wenn dieser Körper die E., die in ihm bis auf einen gewissen Grad angehäuft ist, zurückzuhalten strebte[2]. Vielmehr strebt die in dem positiv el. gewordenen Körper angehäufte E. mit dem Grade der Spannung, welche durch den Versuch mit dem Condensator auszumitteln ist, (Nr. 4—9), und welche er für das Zink in Berührung mit dem Silber auf $\frac{1}{60}$° seines Strohhalmelektrometers bestimmt (wodurch zugleich das Maaſs der stattfindenden Impulsion gegeben ist), nach allen Seiten sich wieder auszugleichen, oder nach auſsen sich zu ergieſsen, und an andere Körper überzugehen, nur nicht gegen die Richtung, in welcher der Impuls statt findet, d. h. nach der Berührungsfläche zwischen den beiden Körpern, die auf diese Weise durch Impulsion auf einander wirken. Auf gleiche Weise strebt der negativ el. gewordene Körper in einem Grade, welcher durch seine negative Spannung angezeigt wird, seinen Mangel wieder auszugleichen, und das Quantum von E., welches er abgegeben hat, wieder an sich zu ziehen, nur nicht von der Seite her, nach welcher er das el. Fluidum angetrieben hat, d. h. von seiner Berührungsfläche mit dem andern Körper aus. So verdienen also alle die Körper, welche auf solche Weise auf das el. Fluidum wirken, es erregen und antreiben, den Namen von *Elektromotoren*, vor allem aber die metallischen Körper, welchen diese Kraft vorzugsweise vor andern zukommt; und was wir den *Spannungsunterschied* zwischen je zwei solchen galv. auf einander wirkenden Körpern nannten, ist in allen Fällen das Maſs der Kraft, mit welcher sie auf einander

1 Vgl. G. IX. 380. X. 425.

2 Ebend. XII. 498.

wirken, und das el. Gleichgewicht stören, in Folge welche Störung der eine + der andere — el. wird und je gröſser de Spannungsunterschied ist, von dem für sie alle gemeinschaftlichen 0 ausgegangen, um so gröſser ist auch der Grad der Impulsion, mit welcher der negativ werdende Körper auf den positiv werdenden einwirkt.

Die entgegengesetzten E., mit denen je zwei Körper in Folge ihrer wechselseitigen Berührung auftreten, weit entfernt sich wechselseitig zu binden oder latent zu machen, wie dieses der Fall seyn würde, wenn hier bloſs diejenigen Kräfte wirkten, von welcher die gewöhnlichen el. Erscheinungen abhängen (also im Sinne der dualistischen Theorie die anziehenden *Kräfte*, die sie gegen einander ausüben) streben also vielmehr von den Berührungsflächen, an denen dieser ganze Proceſs statt findet, aus einander, und eben hierin liegt das Neue und Egenthümliche jener freylich nicht weiter abzuleitenden und auf keine andere zu reducirenden Kraft, welche man die galvanische *nennen* muſs, da jener Quelle alle die Erscheinungen entströmen, welche das Gebiet des Galvanismus ausmachen.

II. Werden die galvanisch auf einander wirkenden Körper nach dem Schema der Linie aneinander gereiht, so daſs sie an beiden Enden, oder wenigstens an dem einen Ende, mit Nichtleiter der E. in Berührung stehen, so bleibt die Wirkung derselben auf einander auf bloſse Spannungssetzung eingeschränkt und es tritt jedesmal ein Zustand von Gleichgewicht oder Ruhe ein, der so lange fortdauert, als in der Aneinanderreihung dieser Körper keine Aenderung vorgenommen wird. Die Ausgleichung der Impulsionen der verschiedenen Körper gegen einander bestimmt in diesem Falle den relativen Zustand der Positivität, Negativität und el. Indifferenz der einzelnen Körper, und man kann den Proceſs, welchen sie unter diesen Umständen mit einander eingehen, in gewissem Betrachte einen el. Ladungsproceſs nennen. Sind die beiden Endglieder einer solchen Reihe von Körpern isolirt, so können diese Endglieder eben so verschiedene el. Erregungszustände zeigen, als die Art und Folge der zwischen ihnen befindlichen Körper verschieden ist. Sie können beide zugleich positiv, beide negativ, der eine positiv, und der andere negativ, endlich beide 0 el. ausfallen; und dasselbe gilt auch für je zwei in dieser Reihe selbst an einander grenzende Körper. Der el. Zustand aller dieser Kör-

per wird sich jedesmal nach dem Gesetze bestimmen lassen: a. dafs die Summe aller positiven und negativen Elektricitäten zusammen 0 giebt, da sie aus diesem 0 hervorgegangen sind, oder dem ganzen Quantum der angehäuften, oder positiven, E. ein gleiches Quantum verminderter oder negativer E. entsprechen mufs, indem die Anhäufung in dem einen oder in mehreren Körpern der Reihe nur auf Unkosten der E. des einen oder mehrerer anderer derselben Reihe erfolgt ist und b. dafs der el. Spannungsunterschied zwischen je zwei an einander grenzenden Körpern, in welchem el. Werthe der einzelnen Factoren er auch, mit Rücksicht auf die Wirkung sämmtlicher Körper der Reihe aufeinander, auftreten mag, doch niemals von demjenigen abweicht, den sie schon an und für sich in der wechselseitigen Berührung mit einander geben. Sind blofs Erreger der ersten Classe an einander gereiht, so folgt zwar unmittelbar aus dem Gesetze der Spannungsreihe der Nr. 19 und der daraus abgeleiteten Folgerung der Nr. 23, dafs die beiden Endglieder einer solchen Reihe, in welcher Ordnung sie auch auf einander folgen, keinen andern *Spannungsunterschied* in Beziehung aufeinander zeigen, als welchen sie bei der unmittelbaren Berührung unter einander gegeben haben würden; es würde aber ein Mifsverständnifs dieser Folgerung seyn, wenn man daraus einen in jedem Falle statt findenden 0 el. Zustand der beiden Endglieder, diese als homogen angenommen, ableiten wollte, indem hier nur von demselben Spannungsunterschiede, nicht aber von der el. Erregung, welche die Körper zu zwei mit einander geben, die Rede ist. Eine Zinkplatte zwischen zwei gleich grofsen Kupferplatten wird beide in gleichen el. Zustand versetzen, d. h. beide werden $-\frac{1}{3}$ geworden seyn, das Zink $+\frac{2}{3}$, wenn wir den Spannungsunterschied zwischen Zink und Kupfer $=1$ setzen; eben so wird eine Kupferplatte zwei Zinkplatten, zwischen denen sie sich befindet, auf $+\frac{1}{3}$ bringen, sie selbst $-\frac{2}{3}$ geworden seyn. In beiden Fällen ist der Spannungsunterschied zwischen den beiden Endgliedern derselbe, wie wenn sie sich unmittelbar berührt hätten, er ist nämlich $=0$, aber die el. Erregung ist darum eine ganz andere, als die durch ihre unmittelbare Berührung gegebene, die gleichfalls 0 ist. Würden drei Platten Zink mit zwei Platten Kupfer, oder umgekehrt drei Platten Kupfer mit zwei Platten Zink abwechseln, so würden wir in dem einen Falle $-\frac{2}{5}C+\frac{3}{5}Z-\frac{2}{5}C+\frac{3}{5}Z-\frac{2}{5}C$ in dem zweiten

Falle dieselben Werthe, nur mit entgegengesetzten Zeichen, haben. Einen Fall, wo beide Endglieder mit 0 auftreten, würde z. B. die Aufeinanderfolge von Zinn, Zink, Kupfer, Kupfer, Zinn, alle in gleich grofsen Platten angewandt geben, wo der Spannungsunterschied zwischen Kupfer und Zinn $= \frac{1}{3}$ angenommen, für den hierbei immer zum Grunde liegenden Spannungsunterschied zwischen Zink und Kupfer = 1 die el. Zustände sich folgendermafsen verhalten würden:

$$0 \text{ St.} + \tfrac{2}{3} \text{Z} - \tfrac{1}{3} \text{C} - \tfrac{1}{3} \text{C} \; 0 \text{ St.}$$

Man sieht aus allen diesen Beispielen, die statt unzähliger anderer dienen können, dafs es stets zwei Kräfte sind, welche sich wechselseitig beschränken und den el. Zustand der aneinander gereihten Körper bestimmen, einerseits die galv. Kraft, welche das el. Gleichgewicht stört, anderseits die Kraft der E. in allen mit einander in Berührung stehenden Leitern, sich auszugleichen, die jener Störung eine bestimmte Grenze für je zwei in unmitelbare Berührung stehende Körper setzt, welche diese Störung oder die Verschiedenheit ihres el. Zustandes nach einer unwandelbaren Regel nicht überschreiten kann, der el. Zustand dieser Körper mag übrigens seyn, welcher er wolle. Ist das eine Endglied einer Reihe von galv. auf einander wirkenden Körpern mit dem Erdboden verbunden, so wird dieses stets als im 0 el. Zustande befindlich angenommen, sofern man hierbei von der schwachen galv. Wirkung des Erdbodens selbst abstrahirt, das andere Endglied kann dann gleichfalls 0, positiv oder negativ ausfallen, nach Mafsgabe der Aufeinanderfolge der an einander gereihten Körper, und immer wird sich nach den beiden oben angegebenen Regeln dieser Spannungszustand, so wie derjenige jedes in der Reihe befindlichen Körpers, als eine arithmetische Aufgabe leicht bestimmen lassen, wenn nur erst die Spannung, welche alle diese Körper, je zwei und zwei mit einander in Contact gebracht, geben, durch Versuche ausgemittelt ist.

Es erklärt sich nun auch leicht der Einflufs der verschiedenen Umstände auf den Ausfall der Versuche mit dem Condensator, die eben auch nur auf Spannungssetzung hinwirken, indem hierbei die Körper nach dem Schema der Linie an einander gereiht sind. Ist die Condensatorplatte z. B. von Zink, und das Kupfer, womit dieselbe berührt wird, isolirt, so hat die Ladung des Condensators sehr bald ihre Grenze in der anwach-

senden Negativität des Kupfers, und die Anhäufung der E. in dem Zinke, oder die freie positive Spannung, wird um so geringer ausfallen, je gröſser die Capacität des Condensators ist. Wird dagegen das Kupfer ableitend berührt, und kann es eben damit seinen Mangel immer wieder aus dem Erdboden ersetzen, so wird in dem Zinke das Maximum von Spannung oder von Anhäufung von E. sich einstellen können, da das Kupfer nur durch 0 entgegen wirkt, und diese Spannung wird nach Aufhebung der obern Platte des Condensators, nach Maſsgabe der condensirenden Kraft desselben, gesteigert erscheinen. Das Kupfer wird in diesem Falle gleichsam zu einem unerschütterlichen Quell von E. bis zu dem bestimmten Spannungsunterschiede zwischen ihm und dem Zinke, dessen freier E. ein Verhältniſs der Capacität des Condensators latent entspricht, die sich sogleich als freie offenbart, sobald die Bedingungen nicht mehr wirken, unter welchen diese E. gebunden wurde. Ist die Condensatorplatte von Kupfer, so kann bei ableitender Berührung des Zinks das Kupfer in dem Verhältnisse mehr abgeben, in welchem sein Mangel durch die Entgegenwirkung der oberen Platte latent gemacht wird, und auch hier wird der im Verhältnisse der condensirenden Kraft des Condensators gesteigerte Mangel, oder die erhöhete Negativität, zum Vorschein kommen, wenn die obere Platte aufgehoben wird. Ruht eine Zinkplatte einerseits auf Kupfer und berührt andererseits eine Condensatorplatte von Kupfer, so kann das Zink die in ihm von dem untern Kupfer aus angehäufte E. der Condensatorplatte nicht abgeben, weil dise eben so stark durch Impulsion entgegenwirkt, als die untere Kupferplatte in der Richtung gegen die Condensatorplatte, und diese kann daher nicht aus ihrem 0 Zustande heraustreten, indem dieser vielmehr durch das mit dem untern Kupfer + 1 geworden Zink gefordert wird; bringt man aber einen feuchten Zwischenleiter zwischen die Condensatorplatte und das Zink, der keinen oder nur einen nicht im Betracht kommenden Impuls dieser Art ausübt, so wird das Zink seinen Ueberfluſs so lange abgeben, und so lange von dem untern Kupfer, welches in Verbindung mit dem Erdboden zu einem unerschöpflichen Quell wird, wieder erhalten, bis die Condensatorplatte dieselbe freie Spannung wie das Zink hat, welche es im Verhältniſs der Capacität des Condensators im Quantum latenter E. entsprechen wird, das mit voller freier Spannung auftritt, so-

bald die obere Platte aufgehoben wird, und also im Verhältniſs der condensirenden Kraft des Condensators die Spannung des Zinks gesteigert zeigt. Auf ähnliche Art erklären sich alle übrigen Verhältnisse jener Versuche befriedigend.

III. Vermöge der Aufeinanderwirkung der nach dem Schema der Linie an einander gereihten Körper findet, wie auch aus der Erklärung der Versuche mit dem Condensator hervorgeht, eine Strömung von E. statt, welche aber in jedem Falle schnell ihr Ziel erreicht, und aufhört, sobald sich alle Körper mit einander ins Gleichgewicht gesetzt haben, und die jedem angemessene el. Erregung eingetreten ist, die dann unverändert bleibt, so lange keine Aenderung vorgenommen wird. Jede Hinzufügung eines neuen Körpers zu der bereits gebildeten Reihe verändert aber jedesmal wieder den vorher statt gehabten Zustand des Gleichgewichts in der ganzen Reihe dieser Körper; es wird also die E. abermals in der ganzen Reihe der Körper in Bewegung gesetzt, und diese Strömung, durch welche ein neuer Zustand der Anhäufung und Entziehung der E. in den Körpern bis zur Herstellung eines neuen Gleichgewichts herbeigeführt wird, kann dann durch gewisse anderweitige, doch immer nur momentane Veränderungen in diesen einzelnen Kettengliedern sich offenbaren, wovon namentlich die Zuckungen einen Beleg geben, die nach Nr. 52 entstehen, wenn das Metall, auf welchem der Nerv eines präparirten Froschschenkels liegt, bloſs mit einem andern Metalle berührt wird ohne daſs hierbei eine Schlieſsung der Kette vorgeht, indem diese, wenn auch noch so schwache und schnell vorübergehende el. Strömung auf sehr erregbare Organe doch noch einen hinlänglich starken Reiz ausüben kann. Jenes berührende Metall kann eben sowohl ein homogenes als ein heterogenes seyn, denn wenn gleich im ersten Falle keine Störung des bestehenden Gleichgewichts durch eine galvanische Wirkung beider Metalle auf einander statt findet, so erfolgt sie doch dadurch, daſs das eine Metall mit dem andern ſich in ein el. Gleichgewicht setzt, d. h. das Metall, auf welchem der Nerv liegt, seine Positivität oder Negativität mit dem neu hinzukommenden Metalle theilt, dadurch von seiner freien + oder — Spannung verliert, die dann durch die Aufeinanderwirkung der übrigen Glieder bis zum Puncte eines neuen Gleichgewichts hergestellt wird, was ohne Strömung der E. durch den Nerven, als das nächst angrenzende Glied, nicht möglich ist. Je schnel-

ler dieser Procefs vor sich geht, um so schneller wird die Strömung, um so stärker der Reiz seyn, und so erklärt sich denn auch die Vermehrung des Reizes durch das Herabfallen des einen Metalls auf das andere, womit die schnellere und innigere Berührung in mehreren Puncten, und damit eine raschere Ausgleichung gegeben ist, ohne dafs jedoch diese Erschütterung eine nothwendige Bedingung wäre. Man übersieht auch leicht, dafs unter gewissen Umständen ein homogenes Metall sogar einen stärkern Reiz ausüben könnte, als ein heterogenes.

IV. Dieser Zustand des Gleichgewichts und der relativen Ruhe, zu welchem die nach dem Schema der Linie an einander gereihten Körper jedesmal gelangen müssen, hört auf, wenn sie zur Figur geschlossen werden, und die Bedingungen von der Art sind, dafs die Schliefsung eine wirksame Kette giebt. Die bei einer solchen Schliefsung eintretende, im engeren Sinne sogenannte galvanische Action, besteht in einer fortdauernden Strömung, in einem wahren Kreislaufe der E. durch die Glieder der Kette hindurch, und ist in allen Fällen eine Folge eben jener Impulsionen, vermöge deren in den galvanischen auf einander wirkenden Körpern die E. aufgeregt, in den einen angehäuft, in der andern vermindert worden ist, und alle änderweitige Veränderungen, welche die Kettenglieder während des Geschlossenseyns erleiden, alle Erscheinungen, die in der geschlossenen Kette vorgehen, wie sie von Nr. 33 bis 53. ausführlich abgehandelt wurden, sind nichts anderes als die Wirkungen jener el. Strömung, jenes Kreislaufes, als ihrer nächsten unmittelbaren Ursache, deren Gepräge sie an sich tragen, durch das sie schon allein das Daseyn eines solchen Kreislaufes beweisen würden, wenn auch nicht die Nothwendigkeit eines solchen aus den vorangegangenen Prämissen sich von selbst ergäbe.

V. Die allgemeine Regel, nach welcher bestimmt werden kann, ob eine Kettenschliefsung eine wirksame ist oder nicht, d. h. ob mit dieser ein während des Geschlossenseyns der Kette selbst unaufhörlich fortdauernder el. Kreislauf eintreten werde oder nicht, ergiebt sich aus der näheren Erwägung jener in der Berührung der Körper unter einander wirksamen Kräfte und der Gesetze, nach welchen sie wirken. Jede Kette wird eine wirksame seyn, in welcher von einem der Berührungspuncte zweier Kettenglieder ausgegangen, die Summe der Impulsionen,

durch welche die E. von dem einen Körper nach dem andern in Bewegung gesetzt, angehäuft, gespannt, und zur Strömung angetrieben wird, nach der einen Seite hin gröſser ist, als nach der entgegengesetzten, und die Lebhaftigkeit der Strömung wird zunächst abhängen von dem Unterschiede der beiderseitigen Arten von Impulsionen, und zwar wird sie nach der Seite hin geschehen, nach welcher das Uebergewicht statt findet; jede Kette wird dagegen eine unwirksame seyn, in welcher von beiden Seiten einander gleiche Impulsionen entgegen wirken und sich eben darum aufheben und dadurch jede wirkliche Strömung verhindern, so wie auch diejenigen, in welchen die Bedingungen zum Durchströmen der E. anderweitig fehlen, in welchen gewisse Hindernisse der Fortleitung der nach der einen oder andern Seite angetriebenen E. entgegenwirken. Volta hat schon in der ersten Periode des Galvanismus in seinem zweiten Schreiben an Gren[1] und in seinen beiden Schreiben an Vassalli diese Erklärung durch die mannichfaltigsten Typen, nach welchen die Ketten gebildet seyn können, in ein sehr helles Licht gesetzt, doch waren es in jenem Zeitpuncte immer nur Ketten, in welche muskulöse Organe eingingen, die durch das Eintreten und Ausbleiben der Zuckungen, so wie durch die Stärke derselben, das Daseyn und den Grund der Wirksamkeit einer Kette verriethen; dagegen ist in der neuesten Zeit mit mehr Vortheil die Magnetnadel als Reagens für die Wirksamkeit der geschlossenen Ketten gebraucht worden.

Dem obigen Erklärungsprincipe zufolge sind demnach unwirksame Ketten oder solche, in welchen es nicht zum el. Kreislaufe kommt,

1. alle Ketten, welche bloſs aus zwei Gliedern bestehen, sie seyen nun bloſs aus Erregern einer Classe oder zweier Classen gebildet, weil die in den beiden Berührungspuncten gege-
Fig. 108. u. 109. benen Impulsionen bei der Gleichheit der beiden Glieder einander gleich und entgegengesetzt sind, wie aus den Figuren anschaulich ist, wo die Pfeile die Richtung des Stromes oder der Impulsion anzeigen, die stets von demjenigen Körper, welcher in Berührung mit dem andern negativ el. wird, nach demjenigen hingeht, welcher selbst positiv wird;

2. alle Ketten, welche bloſs aus Erregern der ersten Classe

1 Dessen neues J. III. 107.

bestehen, in welcher Zahl und Ordnung sie auch mit einander abwechseln mögen, weil sie sich nach dem Gesetze der Spannungsreihe der Erreger der ersten Classe als gleichbedeutend mit Ketten aus bloſs zwei Gliedern betrachten lassen. Da nämlich aus jenem Gesetze folgt, daſs zwei solche Körper der ersten Classe einerlei Spannungsunterschied zeigen, oder dieselbe Impulsion auf einander ausüben, ob sie in unmittelbarer Berührung sich mit einander befinden oder eine beliebige Anzahl Erreger der ersten Classe und in beliebiger Ordnung zwischen ihnen liegen, so kann man in Beziehung auf je zwei Glieder, durch deren Berührung unter einander die Schlieſsung geschieht, alle übrigen zwischenliegenden Glieder gleichsam als nicht vorhanden betrachten, womit dann abermals zwei einander gleiche aber zugleich entgegengesetzte Impulsionen in den zwei Berührungsstellen, nämlich der unmittelbaren und der durch Zwischenglieder vermittelten, gegeben sind. Dasselbe Resultat erhält man auch, wenn man die Impulsionen in den verschiedenen Berührungsstellen einzeln in Betracht zieht; immer wird sich ergeben, daſs die Summe aller Impulsionen nach der einen Seite gleich ist der Summe aller Impulsionen nach der entgegengesetzten Seite.

3. Aus demselben Grunde müssen auch alle symmetrischen Ketten, oder diejenigen, welche durch irgend einen Schnitt in zwei gleiche und ähnliche Hälften, was die Zahl und Aufeinderfolge der Glieder betrifft, getheilt werden können, unwirksame seyn, weil auf beiden Seiten wegen der gleichen Beschaffenheit der Berührungsflächen die Summe der Impulsionen dieselbe seyn muſs, welche durch ihre entgegengesetzte Richtung gegen einander sich aufheben, weswegen es dann zu keiner Strömung kommen kann.

Alle übrigen Ketten, die nicht unter eine dieser Kategorien gebracht werden können, sind dagegen wirksame, also namentmentlich a. die Ketten aus wenigstens drei gemischten Gliedern beider Classen von Erregern und also a a. diejenigen, welche aus zwei Erregern der ersten Classe und aus einem Erreger der zweiten Classe bestehen, wo die Impulsion in der Berührungsstelle der beiden ersten Glieder beinahe in allen Fällen die ihr entgegenstehende Summe oder den Unterschied der Impulsionen in den beiden Berührungsstellen mit dem feuchten Erreger übertrifft, und die Richtung der Strömung bestimmt; b b. die-

jenigen aus einem Erreger der ersten Classe und zwei Erregern der zweiten Classe, wo die Impulsion in der Berührungsstelle des einen feuchten Erregers mit dem trockenen Erreger gewöhnlich die überwiegende ist.) b. Die Ketten aus wenigstens drei Erregern der zweiten Classe, in welchen eben, weil sie keine solche Spannungsreihe, wie die trockenen Erreger, bilden, die Impulsion in irgend einem Berührungspuncte nicht gleich seyn kann der ihr entgegenstehenden Summe oder dem ihr entgegenstehenden Unterschiede der Impulsionnn in den beiden andern Berührungspuncten. c. Die Ketten endlich aus mehr als drei Gliedern beider Classen oder der zweiten allein, bei welcher durch die Einführung eines jeden neuen Gliedes in die Kette statt des einen Berührungspunctes zwei neue eingeführt werden, deren Impulsionen unter der Bedingung, daſs die Kette dadurch keine symmetrische werde, mit ihrer Summe, wenn sie in gleicher Richtung gehen, oder mit ihrem Unterschiede, wenn sie einander entgegengesetzt sind, die vorher statt gehabte Strömung zwar modificiren aber nicht aufheben.

VI. Die Stärke des el. Stromes oder die Quantität von *E.*, die in einer gegebenen Zeit durch die Glieder der Kette im Kreislaufe sich bewegt, muſs sich im Sinne dieser Theorie und den auch hier gültigen Gesetzen der Leitung gemäſs richten:

a. Nach der Gröſse der Total-Impulsion, die in der Richtung statt findet, nach welcher die Strömung vor sich geht. Da der Spannungsunterschied je zweier galvanisch auf einander einwirkender Körper die Gröſse der Impulsion, mit welcher der negative auf den positiven einwirkt, anzeigt, und zum Maſsstabe dafür dient, so hat man nur jedesmal die Spannungsunterschiede in den verschiedenen Berührungsstellen, vorausgesetzt, daſs sie in Beziehung auf irgend einen solchen, wie z. B. der zwischen Zink und Kupfer als Einheit angenommen, ihrer Gröſse nach bestimmt sind, mit gleicher relativer Lage (nämlich rechts oder links liegend) des positiven Gliedes zu summiren und beide Summen von einander abzuziehen, um die Stärke der Impulsion, welche die Strömung bestimmt, und eben damit die Stärke der Strömung selbst, so weit sie von diesem Umstande abhängt, auszumitteln.

b. Nach der Vollkommenheit der Leitung, welche in der Kette statt findet, und welche im geraden Verhältnisse der Gröſse der Berührungsfläche der feuchten Leiter mit den trockenen

und unter sich, und im umgekehrten der Ausdehnung derselben steht, und sich aufserdem nach dem Leitungsvermögen der einzelnen Kettenglieder an und für sich und in ihrer Aneinanderreihung an einander, sofern diese nicht ohne Einflufs ist, richtet.

VII. Mit der Annahme eines solchen und so bestimmten fortdauernden el. Kreislaufes stimmen alle Vorgänge in der Kette nach Volta vollkommen überein, wofür gleichsam als ein experimentum crucis der Umstand spricht, dafs ein künstlich erregter el. Strom, an dessen Wirklichkeit nach der Art das Experiment anzustellen, auf keine Weise gezweifelt werden kann, unter ähnlichen Umständen ganz gleiche Erscheinungen hervorbringt. Was zuerst die Erscheinungen in Ketten aus thierischen Theilen betrifft, so hat Volta in seiner ersten Abhandlung über die thierische E. diese Uebereinstimmung sehr klar nachgewiesen. Die E. zeigt sich als der wirksamste Reiz der Muskeln, wann sie durch die Nerven derselben und nur durch diese strömt, ohne gerade die Muskeln selbst zu erreichen. Die Entladung auch der kleinsten Flasche nach einer so schwachen Spannung, dafs sie kaum noch auf das Goldblattelektrometer wirkt, bringt die lebhaftesten Zuckungen in den Muskeln hervor, wenn der el. Strom von der positiven Belegung nach der negativen genöthigt ist durch die Nerven derselben zu gehen, und zwar um so lebhafter, je länger das Stück des Nerven ist, durch welches die E. strömt, und je ausschliefsender die Leitung durch denselben geschieht. Dieser el. Strom einer Leidner Flasche übt auf jene Muskeln einen stärkern Reiz aus, wenn die E. genöthigt ist, den Nerven abwärts, von der positiven nach der negativen Belegung zu, als in der entgegengesetzten Richtung zu durchströmen. Da alle Modificationen der Zuckungen ihrer Stärke nach auf gleiche Weise sich in Ketten aus zwei heterogenen Metallen und den thierischen Theilen verhalten, so mufs man zugeben, dafs eine gleiche Ursache hierbei in Wirksamkeit gesetzt werde, nämlich ein el. Strom, welcher bei der Schliefsung der Kette eben so eingeleitet wird, wie bei der Entladung einer Leidner Flasche, und von dem positiven Metalle durch den Nerven nach dem negativen hingerichtet ist, wie die Volta'sche Theorie ihn annimmt. Insbesondere erklärt sich auch aus dieser Theorie auf eine genügende Art der Einflufs der Art der Vertheilung der Metalle auf das Entstehen der Zuckungen entweder im Augenblicke der Schliefsung

oder der Trennung der Kette nach Nr. 50. und macht den an sich sonst verborgenen Strom gleichsam augenscheinlich. Sind die Metalle nämlich so vertheilt, daſs der Theorie zufolge der durch die Schlieſsung eingeleitete Strom aufwärts von den Zweigen zum Stamme und dem Centralende des Nerven bestimmt wird, so erfolgen im Augenblicke der Schlieſsung selbst keine Zuckungen im gewöhnlichen Zustande einer schon etwas gesunkenen Reizbarkeit, weil in dieser Richtung, wie die Versuche mit der Entladung der Leidner Flasche beweisen, der el. Strom einen schwächeren Reiz ausübt; wird aber die Kette schnell geöffnet und dadurch die Impulsion beseitigt, welche jene Strömung der E. veranlaſste, so wird diese nun nothwendig in entgegengesetzter Richtung zurückströmen, und an die Stelle des aufwärtsgehenden Stromes ein abwärtsgehender treten, der als der stärkere Reiz nunmehr die Zuckungen hervorruft. Man muſs nämlich zugeben, daſs die E. in der Richtung, in welcher sie angetrieben wird, eine Anhäufung derselben an den Stellen besonders, an welchen sie Widerstand findet, also in den thierischen Theilen und besonders nach dem negativen Metalle hin wegen Summirung der Hindernisse in dem ganzen Zwischenraume der Fortleitung durch dieselben erleiden werde, und wenn daher die Ursache der Anhäufung, jene Impulsion in der Richtung vom peripherischen Ende des Nerven her, zu wirken aufhört, so muſs die E. vermöge ihres Strebens nach Gleichgewicht nach der Seite zurückströmen, von welcher aus die Anhäufung bewirkt wurde. Ganz derselbe Vorgang findet in den Versuchen statt, die zu dieser interessanten Entdeckung geleitet haben, wo nämlich durch das Herausziehen eines Funkens aus einem elektrisirten Conductor die in dem in der Nähe desselben befindlich gewesenen Froschpräparate nach diesem Ende hin angezogene und angehäufte entgegengesetzte E. sich wieder ins Gleichgewicht setzt und durch die damit gegebene Strömung einen wirksamen Reiz ausübt. Sind die Metalle auf eine entgegengesetzte Weise vertheilt, so wird zwar auch im Augenblicke der Oeffnung der Kette ein seiner Richtung nach entgegengesetzter Strom von demjenigen, welcher während des Geschlossenseyns statt fand, eintreten, da dieser aber den Nerven aufwärts geht, so wird er soviel weniger im Stande seyn Zuckungen hervorzubringen, weil er schon an sich als ein viel schwächerer Reiz wirkt und durch die vorangegangene fortdauernde

Einwirkung der geschlossenen Kette die Reizbarkeit schon geschwächt worden ist. Volta selbst hat zwar nirgend eine Erklärung der Gesetze, nach welchen bald im Augenblicke der Schlieſsung bald der Trennung die Zuckungen erfolgen, gegeben, die hier aufgestellte folgt aber ganz aus seinem Principe und le Hot hat sie auf eine der angegebenen sehr nahe kommende Weise entwickelt, nur daſs er dieselbe mit unhaltbaren Annahmen von verschiedenen Capacitäten der Körper für das galvanische Fluidum, worin die Metalle die übrigen Körper übertreffen sollen, und von ungleichen Quantitäten dieses Fluidums in den verschiedenen Substanzen versetzt hat [1]. Den Einwurf gegen einen solchen el. Strom als den eigentlichen Reiz in diesen Versuchen, daſs Elektricitäten von sehr starker Spannung wie z. B. die einer geriebenen Glasröhre oder Siegellackstange, die selbst gröbere Strohhalmelektrometer zu einer ansehnlichen Divergenz bringen, auf die Nerven nur einen so schwachen Reiz ausüben, daſs selbst bei unmittelbarer Berührung derselben durch diese Körper auf den höchsten Stufen der Erregbarkeit keine Zuckungen erregt werden können, hat Volta durch die Hinweisung auf die besondere Wirkungsart der E. in einem Kreislaufe beseitigt, wo in derselben Zeit eine ohne Vergleich viel gröſsere Menge derselben durch den Nerven sich bewegt, und in dem Verhältnisse dieser Menge einen bei weitem stärkern Reiz ausübt, als die vergleichungsweise damit ganz verschwindende Menge von E., welche eine auch noch so stark geriebene Glasröhre an den Nerven abgeben kann. Denn eben darin besteht das Eigenthümliche des Galvanismus, daſs die E. hier nicht durch *Spannung*, sondern durch *Strömung* wirkt, worauf wir noch weiter unten in der Theorie der Säule zurückkommen werden.

Die Erregung von Zuckungen durch Ketten aus bloſs thierischen Theilen, oder solche, in welche neben diesen bloſs Körper der zweiten Classe als Glieder eingehen, oder durch Ketten aus thierischen Theilen, und bloſs einem Metalle, findet nach der Volta'schen Theorie eben so leicht ihre Erklärung durch die Anwendung der unter VI. entwickelten Grundsätze für die Bestimmung des el. Kreislaufes durch die galvanische Aufeinanderwirkung dieser Körper, und alle Verhältnisse, welche in den Ketten aus zwei Metallen und den thierischen Theilen vorkom-

1 G. IX. 183.

men, müssen sich auch hier wiederholen, den Einfluſs der Vertheilung der Kettenglieder auf Erregung der Zuckungen im Augenblicke der Schlieſsung und Trennuug nicht ausgenommen. Da nach Volta's Theorie die Erreger des Galvanismus nur in ihrer unmittelbaren Berührungsfläche auf einander wirken und die übrige Masse der Körper auf die Erregung der E. an und für sich keinen Einfluſs ausübt, so lassen sich leicht jene auffallenden Erscheinungen erklären, daſs kleine Abänderungen der Metalle an ihrer Oberfläche Anomalien hervorbringen, daſs dieses z. B. geschieht, durch Reiben derselben an andern Körpern, wdurch ihre Glätte und Dichtigkeit verändert wird oder sie einen Ueberzug eines andern Körpers erhalten, welcher, wie dünn er auch seyn mag, doch als ein ganz neues Glied zwei neue wirksame Berührungsflächen in die Kette einführt; es läſst sich erklären, wie dadurch nach den zuerst von dem Engländer Well bekannt gemachten Versuchen unwirksame Ketten in wirksame verwandelt werden können; auch erklärt sich dadurch sehr leicht der scheinbar so auffallende Hauchversuch v. Humboldt's, von welchem dieser berühmte Physiker sagt, daſs unter allen physikalischen Versuchen, welche er je die Freude gehabt habe in Gegenwart anderer Physiker anzustellen, er keinen gefunden, der wegen seiner unendlichen Feinheit so in Erstaunen setze als dieser, wo die Wirksamkeit einer Kette von einem bloſsen Hauche oder einer gleichsam verschwindenden Schicht einer verdampfenden Flüssigkeit abhänge [1]. Es muſs nämlich eine ganz andere Wirkung eintreten, wenn sich zwei Metalle unmittelbar berühren, als wenn sich eine auch noch so dünne Schicht Feuchtigkeit zwischen ihnen befindet, durch deren Zwischentreten augenblicklich die starke Impulsion, durch welche zwei solche Metalle auf einander wirken, aufgehoben wird, und eben dadurch eine vorher unwirksame Kette in eine höchst wirksame verwandelt werden kann, indem von zwei einander entgegengesetzten Impulsionen, die sich einander im Gleichgewichte hielten, nach Beseitigung der einen, die andere dann eine starke Strömung in
Fig. der Richtung, in welcher sie wirkt, hervorbringen muſs. Die
110 Figuren zeigen das Verhältniſs solcher zweier Ketten gegen einan-
u.
111. der, wovon die erste eine symmetrische und daher unwirksame, wegen der gleichen, aber einander entgegengesetzten, Impulsio-

1 Ueber die gereizte Muskel- und Nervenfaser. I. 79.

nen GZ durch die Interposition des feuchten Leiters F, sey es auch nur eine Hauchschicht, wenn sie nur hinreicht die unmittelbare metallische Berührung von G und Z an dieser Seite zu hindern, in eine höchst wirksame verwandelt wird, indem nun die Impulsion GZ auf der linken Seite aufhört, und die Impulsion GZ auf der rechten Seite die Richtung des el. Stromes bestimmt, so ferne G Gold Z Zink bedeutet, an deren Stelle auch zwei andere beliebige Metalle genommen werden können, jedoch unter der Bedingung, daſs die Impulsion, die durch ihre Berührung gegeben ist, nach ihrer Seite hin stärker sey, als die von den beiden in die Kette neu eintretenden Berührungsflächen GF und FZ abhängige, etwa in entgegengesetztem Sinne eintretende Impulsion, was bei Anwendung des bloſsen Wassers jedesmal der Fall seyn wird, weil alle Metalle mit demselben nur eine sehr schwache el. Erregung eingehen. Dieselbe Kette muſs aber sogleich wieder zur wirksamen werden, wenn auch auf der Fig. andern Seite ein feuchter Leiter interpolirt oder nach Humboldt'- 112. scher Weise, worin eben das Ueberraschende liegt, beide Flächen des einen trockenen Erregers, die sich zwischen zwei andern, aber unter sich homogenen Erregern befinden, behaucht, oder mit der dünnsten Schicht einer verdampfenden Flüssigkeit belegt werden. Daſs die Beschaffenheit des interpolirten feuchten Leiters einen Einfluſs auf die Stärke der Zuckungen äuſsern müsse, leuchtet von selbst ein, da die an den neuen Berührungsstellen eintretenden Impulsionen nach Verschiedenheit desselben in einem günstigen oder ungünstigen Sinne für die, die Strömung hauptsächlich bestimmende, Impulsion wirken können, indeſs bezweifle ich sehr, daſs ihr Vermögen eine unwirksame Kette in eine wirksame zu verwandeln, in irgend einem bestimmten Verhältniſs mit ihrer Leichtigkeit zu verdampfen stehe; denn wenn auch gleich diese Ansicht v. Humboldt's durch die besonders günstige Wirkung des Vitriol-Aethers, bei Interpo- Fig. lirung desselben in Form z. B. eines Tropfens zwischen Z und 110. G begünstigt wird, so steht dieser Annahme die eigene Beobachtung v. Humboldt's entgegen, daſs Blut unter gleichen Umständen stärker als Milch und Wasser wirke, von welchem man doch nicht behaupten kann, daſs es geneigter sey, gasförmige Stoffe auszudampfen. Auch beruht die Behauptung v. Humboldt's, daſs bei Behauchung des auf dem als Nervenarmatur Fig. dienenden Gold liegenden Zinks die Muskeln convulsivisch er- 113.

schüttert werden, gleichviel ob der Muskelleiter G von Gold die feuchte oder trockene Stelle von Z berühre, gewifs auf einer Täuschung. So oft ich wenigstens bei Anstellung des Versuchs auf die angezeigte Weise den Zink an einer trockenen Stelle berührte, blieben die Zuckungen jedesmal aus, die sich sogleich mit der gröfsten Lebhaftigkeit einstellten, wenn die nafs gemachte Stelle des Zinks berührt wurde, die dann aber nach einiger Zeit abermals ausblieben, wennn die Feuchtigkeit durch allmäliges Verdampfen wieder verschwunden war. Wie die Versuche über Erregung von Zuckungen durch blofse erschütternde Berührung der Nerven-Armatur mit einem beliebigen anderen Metalle, wobei keine Schliefsung einer Kette statt findet, doch in der Volta'schen Theorie ihren Erklärungsgrund haben, ist bereits oben gezeigt worden. Selbst die scheinbar ganz anomalen und dem Volta'schen Princip widersprechenden sogenannten pseudogalvanischen Versuche Ritter's (Nr. 52) in denen bei der Schliefsung und Trennung von an sich unwirksamen Ketten unter besondern Bedingungen doch sehr lebhafte Zuckungen sich einstellen, die folglich von einer andern Action abhängen, welche auf jene Momente selbst nur eingeschränkt ist, aher während des Geschlossenseyns nicht fortdauert, lassen sich in Einklang mit der Theorie bringen. Ritter hat selbst im Sinne derselben eine Erklärung zu geben versucht, die mir aber unrichtig scheint. „Dafs jede Reihe von sich berührenden elektrischen Leitern (heifst es in seinem hierher gehörigen Aufsatze [1]), die nicht genau mit demselben aufhört, mit welchem sie anfängt, an ihren beiden sich nicht unmittelbar berührenden Enden zu was immer für einem Grade el. Spannung freie unter sich verschiedene Elektricitäten zeigt und zeigen mufs, ist bekannt. Wir wollen ihre absolute Quantität für das eine Ende der Reihe mit
Fig. 114. 1 + und das andere mit 1 — bezeichnen, und die Figur drücke diese Reihe mit ihren Enden aus. Dis absolute Quantität von E. der beiden Enden dieser Reihe wird übrigens zugleich ihre elektrometrische seyn, denn man theile Z oder W und untersuche die weggenommenen Endtheile für sich, so werden sie noch genau dasselbe 1+ und 1— zeigen, wie zuvor in der Verbindung (die Beweise haben Versuche an Volta's Säule geliefert). Jetzt aber biege man die Reihe zum Kreise um, d. h. man verwandle

1 Gehl. VI. 446.

Fig. 114 in Fig. 115, und schliefse in C. Auch nehme man fürs erste an, Z und W stehen bereits in der genau so grofsen und so vertheilten Spannung, als sie auch nur bei wirklicher unmittelbarer Berührung unter einander, oder, befand sich auch zwischen Z und W innerhalb gar nichts weiter" (bildeten sie also nur eine Kette aus blofs zwei Gliedern) „als die blofsen Verlängerungen von ihnen selbst, doch bei wiederholter oder zweiter solcher Berührung unter einander realisiren könnten. Dennoch werden Z und W nicht in el. Ruhe bleiben, sondern wie, wo irgend heterogene Leiter sich berühren, wird jetzt eine Condensation des 1+ und des 1— eintreten, deren Gröfse durch den Grad der Heterogeneität dieses Körperpaares und durch die Ausgedehntheit der Berührungsflächen selbst bestimmt wird. Zwar wird das anfängliche 1+ und 1— von Z und W hierdurch für einen Augenblick auf blofse Brüche von der anfänglichen elektrometrischen Gröfse zurückgebracht, aber nicht blofs dieses Z und W, sondern die ganze noch zwischen ihnen befindliche Körperreihe wird dazu beitragen, dieses elektrometrische 1+ und 1—, der Condensation ungeachtet, wieder herzustellen und zu behaupten. So lange dieses dauert, wird durch die ganze Kette Action seyn müssen, freilich nur eine fast momentane, aber doch hinlängliche, um eine Reaction der gehörig reactionsfähigen Glieder derselben hervorzurufen. Wird später Z wieder von W getrennt, und ist die Trennung vollständig, so werden die vorher durch die Condensation von 1 auf (1+x)+E und (1+x)—E erhobenen Elektricitäten" (wegen aufgelöster Condensation von Z und W), „indem die Reihe blofs die Spannungen 1+ und 1—E zu unterhalten vermag, wieder zurückfliefsen, alle Glieder der Reihe werden hiervon wieder afficirt, und die gehörig reagirenden reagiren von neuem. Unter übrigens gleichen Umständen wird die Gröfse der Wirkung allemal der Gröfse der entstehenden oder aufgehobenen Condensation proportional seyn und dafs diese bei Metall und einer Flüssigkeit, die jenes an mehreren und vielen Puncten zugleich berührt, vorzüglich grofs seyn müsse, ist klar. Stehen Z und W vor Schliefsung des Kreises durch sie in einer geringern oder gröfsern Spannung von ∓ für Z und ± für W, als nach der Schliefsung sich behaupten kann, so wird im erstern Falle die momentane Action der Kette dadurch vergröfsert, im letzteren verkleinert, also blofs dem Grade

Fig. 115.

nach geändert werden. Haben endlich Z und W vor der Schliefsung, wie auch dieser Fall möglich ist, die *umgekehrten* Elektricitäten von denen, die sie nach derselben unter Condensation zu behaupten haben, so kann dieses bei sonst gleicher Spannung von Z und W während der unmittelbaren Berührung ebenfalls nur dienen, den Grad der momentanen Actionen bei der Schliefsung und Trennung der Kette zu vergröfsern."

Alle Erscheinungen, die Ritter aus diesem gleichsam neuen Principe pseudogalvanischer Action ableitet, sollen Fig. durchaus ihrer Ursache proportional seyn. So soll auch, wenn 116. Z und Z Zink, S Silber (alles trocken) bedeuten, und mit S bei α oder β geschlossen wird, einige Condensation der Elektricitäten von den sich berührenden Z und S statt finden, da sich aber feste Metalle der Regel nach (?) fast nur in Puncten berühren, eben darum die Condensation nur eine sehr geringe seyn, weswegen dann auch die für die Kette daraus entstehende momentane Action zu klein ist, um je Zuckungen hervorzubringen. Ist dagegen S Wasser oder ein sich mehr anschliefsender feuchter Körper, so ist die dann eintretende Condensation in dem Verhältnisse der mehr ausgebreiteten Oberfläche viel gröfser, die ganze Rückwirkung der Kette in demselben Verhältnisse zunehmend, und die Zuckung wird bei nur mäfsiger Erregbarkeit der Froschschenkel dann auch gewifs nie im Augenblicke einer solchen Schliefsung ausbleiben, wenn gleich die Kette als eine symmetrische nach geschehener Schliefsung als eine unwirksame anzunehmen ist.

Diese Erklärungsart Ritter's scheint mir indefs ein an sich richtiges Princip auf eine unrichtige Art anzuwenden, und aufserdem noch einige irrige Annahmen zu enthalten. Das Charakteristische einer jeden nach ihrer Schliefsung unwirksamen Kette, oder eine Kette, die im Sinn der Volta'schen Theorie keinen el. Strom einleitet, besteht eben darin, dafs vor der Schliefsung an jeden zwei Flächen, die durch die Schliefsung mit einander in Berührung gebracht werden, schon das vorhanden ist, was durch die Berührung gesetzt werden soll, folglich durch die Schliefsung selbst keine neue Action gegeben ist, vielmehr alles in dem Zustande bleibt, wie es sich befand, so lange die Körper nach dem Schema der Linie an einander gereiht waren. Man kann also Ritter darin nicht beistimmen, dafs bei Ketten, die nach der Schliefsung unwirksam bleiben, je zwei Glieder

einen andern el. Spannungsunterschied haben können, als durch die Schließung selbst gefordert ist. Eben so wenig kann man aber auch zugeben, daſs nach geschehener Berührung das + des einen Gliedes durch Condensation das — des andern Gliedes latent mache, und umgekehrt, und durch diese Condensation selbst gleichsam zu neuer el. Erregung und Strömung auffordere, um den el. Spannungsunterschied wieder herzustellen, der durch die Natur der beiden Körper in der wechselseitigen Berührung gefordert wird. Denn offenbar würde dasselbe für jeden neuen Antheil von + und — die durch eine neue Wirkung der Glieder der Kette herbeigeschafft werden, gleichmäſsig gelten; auch sie müſsten sich abermals condensiren und wechselseitig vollkommen latent machen, wenn das Princip der Condensation in Ritter's Sinne hier anwendbar wäre, indem wegen der unmittelbaren Berührung das + ein ihm vollkommen gleiches — auf 0 herabbringen müſste, und die davon abhängige Wirkung würde dann im Wesentlichen nicht verschieden seyn von dem, was man die galvanische Action einer wirksamen geschlossenen galvanischen Kette zu nennen hat. Wohl finden aber jene pseudogalvanischen Versuche eine genügende Erklärung in dem Principe der Condensation, sofern man sich diese als vor der unmittelbaren Berührung wirksam denken muſs. Jedem Acte der wirklichen Schlieſsung oder der physischen Berührung muſs nämlich nothwendig die Annäherung vorangehen, die bis zur Berührung fortdauernd zunimmt, wo sie dann ihr Maximum erreicht hat. Indem nun das + und — der beiden Endglieder in diesem Acte der Annäherung immer stärker auf einander wirken, machen sie sich wechselseitig immer mehr latent, die el. Spannung in jedem der Glieder sinkt also in demselben Verhältnisse, aber die galvanische Action der nach dem Schema der Linie an einander gereihten Glieder geht fortdauernd darauf hin, das + und — auf dem bestimmten Grade von Spannung zu erhalten, es muſs also immerfort E in Bewegung gesetzt werden, um einerseits das geforderte +, andererseits des geforderte — wieder herzustellen, und zwar um so lebhafter, je näher sich die Endglieder kommen und je rascher die Annäherung ist, und die dadurch veranlaſste Strömung wird nach Umständen lebhaft genug seyn, um durch Nervenreizung Zuckung zu erregen. Im Augenblicke der *wirklichen Schlieſsung* wird aber diese Wirkung vielmehr aufhören, statt, wie Ritter annimmt, verstärkt zu werden,

weil alsdann die mit der Berührung gegebene galvanische Kraft der condensatorischen entgegenwirkt und ihre Wirkung aufhebt; denn eben darin liegt das Eigenthümliche jener Wirksamkeit, daſs die entgegengesetzten Elektricitäten, die durch die Berührung zweier Körper unter einander erregt werden, statt sich an der Stelle ihrer Erregung wechselseitig zu binden, vielmehr von da aus nach auſsen thätig werden und mit freier Spannung auftreten.

Daſs auch die Versuche über die Einwirkung galvanischer Ketten auf die Sinnorgane aus der Annahme eines el. Stromes, welchem die Nerven derselben in der geschlossenen Kette unterworfen sind, ihre naturgemäſse und mit anderen Erfahrungen übereinstimmende Erklärung erhalten, dient zu einer neuen Bestätigung dieser Theorie. Der säuerliche Geschmack auf der Zungenspitze bei positiver Bewaffnung, wo die E. der Theorie gemäſs einströmt, stimmt ganz überein mit dem säuerlichen Geschmacke, welchen die in Form eines Pinsels aus einer etwas stumpfen Spitze in die Zungenspitze einströmende (positive) E. hervorbringt, und eben so erregt die negative E. einen mehr scharfen Geschmack, ähnlich demjenigen, der bei negativer Bewaffnung der Zungenspitze durch die aus derselben ausströmende E., die das Aequivalent der Einwirkung der negativen E. im Sinne der Franklin'schen Theorie ist, erregt wird.

Jene blitzähnlichen Erscheinungen vor den Augen lassen sich gleichfalls durch die Entladung einer sehr schwach geladenen Leidner Flasche durch den Augapfel oder auch nur durch das oben naſs gemachte Augenlied, mit welchem man den Knopf der Flasche in Berührung setzt, während man das äuſsere Beleg in der Hand hält, hervorbringen, so wie denn überhaupt Reize von der verschiedensten Art, namentlich mancherlei mechanische, die auf das Auge einwirken, in den Sehnerven die specifische Empfindung, durch welche er reagirt, Lichterscheinungen unter mancherlei Gestalten als Blitze, Funken u. s. w. hervorbringen. Wenn aber auch durch die Einwirkung der gewöhnlichen E. nicht vollkommen mit den galvanisch erregten übereinstimmende Empfindungen hervorgebracht werden können, so giebt die Theorie auch hiervon hinlängliche Rechenschaft, indem ein solcher fortdauernder Strom von E., wie ihn die geschlossene Kette giebt, und eine solche Quantität, als hierbei auf den Nerven fortdauernd einwirkt, durch unsere anderweitigen Methoden E. zu erregen, und namentlich selbst nicht durch

unsere wirksamsten Elektrisirmaschinen, in Bewegung gesetzt werden kann, wie bei der Betrachtung der Volta'schen Säule noch weiter gezeigt werden wird. Bei der von grofsen Conductoren oder Leidner Flaschen aus in Bewegung gesetzten E. bleibt vielmehr die Wirkung relativ auf einen Augenblick eingeschränkt, sofern der Funken beider eine mehr momentane Einwirkung ist, und hierbei die E. mit einer ohne Vergleich viel gröfseren Spannung wirkt, als diejenige ist, mit welcher sie in der Kette selbst zur Strömung gebracht und in dieser fortdauernd unterhalten wird, wodurch die davon abhängigen Empfindungen wesentlich modificirt werden müssen.

56. VIII. Derselbe el. Strom, welcher alle jene merkwürdigen Erscheinungen in der Sphäre des Lebens hervorbringt, ist auch ferner nach Volta die einzige nächste und zureichende Ursache der *chemischen Wirkungen*, der *Temperatur-Veränderungen* und der *magnetischen Thätigkeit*, welche in der wirksamen geschlossenen Kette auftreten. Volta hat seine Theorie zunächst nur auf den Strom der Säule und seine Wirkungen angewandt, aber alles was für diese gilt, läfst sich in aller Strenge auch von dem el. Strome der einfachen Kette behaupten, da dieser von jenem nur durch den Grad der Stärke abweicht, und in der That auch alle Wirkungen und in derselben Form hervorbringt, welche in ihrer Verstärkung durch die Säule zuerst deutlicher erkannt wurden. Uebrigens hat Volta gleichsam nur die ersten Züge einer eigentlichen Erklärung hingeworfen. „Es wird hier genug seyn, (äufsert er sich) zu bemerken, dafs zu diesen Wirkungen, nämlich der Zersetzung des Wassers und der Oxydirung der Metalldrähte u. s. w. ein sehr reichlicher el. Strom erfordert wird, damit das el. Fluidum beim Austritte aus dem Metalldrahte in das Wasser und beim Zurücktritte in den andern Draht recht gedrängt und zusammengezwängt sey, und auf verhältnismäfsig wenig Wassertheilchen seine Wirkung ausübe, um diese schlecht leitenden Theilchen gleichsam zerreifsen und zersetzen zu können. Ein solcher Strom wird aber durch meinen Apparat viel vollkommner erregt und unterhalten, als durch die wirksamste Elektrisirmaschine" [1].

Zur Bestätigung dieser Sätze war es von der gröfsten Wichtigkeit, theils eine befriedigende Erklärung der eigenthümlichen

1 G. XII. 509. 510.

Form, unter welcher hier der chemische Procefs auftritt, diesen Sätzen gemäfs zu geben, theils durch directe Versuche zu beweisen, dafs auch die gewöhnliche E. unter ähnlichen Bedingungen ähnliche Wirkungen hervorbringe. Was nun den Haupterfolg betrifft, durch welchen alle übrigen chemischen Veränderungen mehr oder weniger bestimmt werden, und welcher zugleich den Typus aller übrigen darstellt, nämlich die Zersetzung des Wassers mit im Raume getrenntem Auftreten der Bestandtheile desselben an den beiden, durch eine mehr oder weniger ausgedehnte Schicht von Flüssigkeit aus einander gehaltenen, Metallen, so existirten vor der Entdeckung der Säule nur die Versuche der holländischen Chemiker Paets van Troostwyk und Deimann [1] über die Wasserzersetzung durch den el. Funken, welche später von Pearson [2] wiederholt wurden, die eine ähnliche Einwirkung der E. auf das Wasser zeigten. Jene ersteren hatten nämlich gefunden, dafs wenn el. Entladungsschläge von einer nicht zu kleinen Flasche (die ihrige hatte einen Quadratfufs Belegung) von dem Ende eines Drahtes zum andern, die in einer mit Wasser gefüllten Röhre etwa 1 oder 1,5 Lin. von einander abstanden, durch das Wasser geleitet wurden, sich aus diesen ein Gemisch von Sauerstoffgas und Wasserstoffgas gerade in dem Verhältnisse, in welchem dasselbe beim Verbrennen Wasser giebt, entbinde, welches Gemisch dann durch den el. Funken nachmals wieder zu Wasser verpufft werden konnte. Diesem Gemische war jedoch eine kleine Menge eines Rückstandes beigemengt, der ohne Zweifel von der in den Zwischenräumen des Wassers befindlichen Luft herrührte, denn je öfter sie den Versuch mit demselben Wasser wiederholten, indem sie durch neue Entbindungsschläge eine neue Gasentbindung bewirkten, das Gasgemenge durch den el. Funken selbst wieder abbrannten und den unverbrannten Rückstand aus der Röhre austreten liefsen, um so geringer wurde der Rückstand, bis er endlich fast gänzlich verschwunden war. Indefs hatten diese Physiker nicht näher bestimmt, von wo aus sich das Gas entwickelte, vielmehr bemerkten sie nur, dafs bei jedem Schlage, wobei sie

1 Journal de Physique Nov. 1789 übers. in Gren's Journal der Physik II. Bd. 1. St. S. 132. ff.; auch in Cavallo's vollst. Abh. II. S. 321.

2 Philos. Transact. for 1797. p. 142—158.

einen Funken an dem Ende eines Drahtes wahrnahmen, sich zwischen den beiden Enden eine Menge sehr kleiner Luftblasen in einem beständigen Strome zeigten, die sich als mehrere und gröfsere Blasen entwickelten, wenn stärkere Schläge durch das Wasser geleitet wurden, in welchem Falle sie einen Lichtstrahl von dem obern Drahte in das Wasser gehen sahen.

Pearson bestimmte diese Erscheinungen näher dahin, dafs die Luftblasen sich von beiden Drähten aus entwickelten, nicht aber ob beide Arten von Gas von jedem, oder jede Gasart besonders und getrennt erzeugt würde. Die Gasentbindung in diesen Versuchen war indefs ihrer Menge nach nur sehr gering, da es nach Pearson 70—80000 Schläge bedurfte, um einen einzigen Kubikzoll Gas zu erhalten. Diese Resultate waren demnach noch weit entfernt, eine Uebereinstimmung der Wasserzersetzung durch E. mit derjenigen auf galvanischem Wege darzustellen. Wollaston gelang es zuerst, den Zersetzungsversuch des Wassers durch die gewöhnliche E. dem galvanischen mehr zu verähnlichen [1]. Erst liefs er gewöhnliche el. Funken von dem positiven und negativen Conductor zugleich auf die in Haarröhrchen eingeschmolzenen, in eine höchst feine Spitze ausgehenden Drähte überschlagen. Je feiner der Draht war, um so kleiner mufste die Länge der überschlagenden Funken seyn, bei $\frac{1}{1500}$ Z. Dicke war ein $\frac{1}{20}$ Z. Länge, bei $\frac{1}{40}$ Z. Durchmesser des Drahts $\frac{4}{10}$ Z. Länge des Funkens nöthig. Es gelang ihm aber auch, durch den blofsen el. Strom einer wirksamen Maschine das Wasser zu zersetzen, wenn er die feinsten Goldfäden anwendete, die durch Verjagung der Säure einer Goldauflösung in einem Haarröhrchen, welches auf diese Weise innerlich mit einem Goldhäutchen überzogen und dann zusammengeschmolzen war, erhalten werden konnten. Verband er nun zwei solche künstlich bereitete Golddrähte den einen mit dem positiven, den andern mit dem negativen Conductor, so zeigten sich an beiden Enden Gasbläschen, aber doch mit der wesentlichen Verschiedenheit von dem Versuche der Gasentbindung sowohl in der einfachen Kette, als auch in der Gasentbindungsröhre der Volta'schen Säule, dafs Sauerstoffgas und Wasserstoffgas an beiden Enden zugleich auftreten. Van Marum wiederholte diesen Versuch mit einer kleinen Abänderung [2]. Er steckte

1 G. XI. 104.
2 Ebend. XI. 21,

Fig. 117. in ein feines Haarröhrchen, dessen innerer Durchmesser kaum $\frac{1}{100}$ Z. betrug, einen Eisendraht a, der ungefähr $\frac{1}{300}$ Z. dick und 12 Z. lang war, und verschlofs das Ende der Röhre so mit Siegellack, dafs die Drahtspitze nur eben zum Siegellack heraus ragte. Die so zubereitete Thermometerröhre wurde in eine viel weitere Röhre voll Wasser durch einen Endkork nach Art der Drähte eines Gasapparats hineingeführt, und alles übrige wie gewöhnlich beim Gasapparate der Volta'schen Säule eingerichtet. Liefs nun van Marum den kräftigen el. Strom seiner kleineren Scheibenmaschine [1] durch diesen Apparat hindurchgehen, indem er die Thermometerröhre 3—4 Linien vom Leiter der Maschine entfernt hielt, so erhielt er eine fast eben so schnelle Wasserzersetzung als durch eine Volta'sche Säule aus 100 Schichtungen. Van Marum bestimmte übrigens nicht näher, wie sich die Gasentbindung an den beiden Drähten und insbesondere an dem Eisendrahte verhielt, und ob sich dieser etwa oxydirte, während sich zugleich Wasserstoffgas davon entband. Noch befriedigendere Resultate als für eine vollkommene Uebereinstimmung der Wasserzersetzung durch gewöhnliche und durch galvanische E., als die beiden zuletzt angeführten Versuche gewährten vollends die von Ritter angestellten [2]. Er bediente sich dazu einer Scheibenmaschine von nicht mehr als 30 Z. im Durchmesser und zwar wandte er den blofsen Strom ohne alle Schlagweite an, indem er den einen Draht der Röhre mit dem Conductor der Maschine in unmittelbare Verbindung brachte, von dem andern aber eine gute Ableitung nach dem Erdboden gehen liefs. Die Röhre selbst war 4 Z. lang, 3 L. weit und mit destillirtem Wasser gefüllt. Die Drähte standen frei in dem Wasser und ihre Enden 3 L. von einander ab. In dem ersten Versuche war der eine Draht von Zink, der andere von Platin und jener gegen die Spitze $\frac{1}{5}$ L. dick, dieser aber durch und durch nicht stärker; jener wurde mit dem positiven Conductor, dieser mit dem Erdboden in Verbindung gesetzt. Nach dreifsig Umdrehungen der Maschine stiegen einzelne Bläschen vom Platindrahte auf, und bald bildete sich ein sehr feiner Gasstrom, der ununterbrochen vom Drahte in perpendiculärer Richtung ausging, und so lange anhielt, als die Maschine gedreht wurde,

1 S. Wörterbuch III. Bd. S. 462.

2 El. System S. 173—175 Anm.

während sich am Zinkdrahte keine Spur von Gas, wohl aber eine nach und nach zunehmende, von Oxydation herrührende, Mattigkeit seiner vorher glänzenden Spitze zeigte. Bei lange fortgesetztem Versuche zeigte sich am Zinkdrahte sogar ein Anflug vom weiſsem Zinkoxyd. Wurde dem Zinkdrahte ein Platindraht von $\frac{1}{4}$ Lin. substituirt, so war die Gasentwickelung am negativen Platindrahte weniger reichlich, es kam zu keinem eigentlichen continuirlichen Gasstrome mehr, aber auch am positiven Platindrahte entwickelten sich Gasblasen, sie waren gröſser als die negativen (Hydrogendrahte), ihre Zahl aber weit geringer, und zu einem continuirlichen Gasstrome kam es hier noch weniger. Dieser Versuch Ritter's ist vorzüglich dadurch interessant, daſs er eine vollkommene Gleichheit der chemischen Wirkung des continuirlichen Stromes der gewöhnlichen, durch Reibung erregten, E. mit derjenigen des galvanischen Stroms zeigt, was bei dem Versuche Wollaston's und van Marum's nicht ganz der Fall ist, und eben dadurch die Realität eines el. Stromes in der einfachen Kette selbst beweist. Das abweichende Verhalten in Wollaston's Versuchen läſst sich aus der geringeren Energie der von ihm angewandten Maschine einigermaſsen begreifen. Uebrigens muſs ich hier bemerken, daſs es mir mit meiner sehr wirksamen Elektrisirmaschine [1] unter Anwendung von Eisendrähten Nr. 16 oder nur von $\frac{1}{240}$ Z. Durchmesser nicht gelungen ist, durch den bloſsen Strom auch nur eine Spur von Wasserzersetzung zu erhalten. Daſs in Ritter's Versuchen Zinkdraht sich soviel wirksamer zeigte, stimmt gleichfalls mit dem ähnlichen Verhalten desselben in den galv. Versuchen, namentlich in der Gasentbindungsröhre überein und scheint mit seinem vorzüglichen Leitungsvermögen für E. in Beziehung zu stehen. Uebrigens liefern diese Versuche einen auffallenden Beweis von der auſserordentlichen Quantität der E. verglichen mit derjenigen auch einer sehr wirksamen Elektrisirmaschine, welche eine recht wirksame einfache Kette z. B. aus Gold oder Silber, Zink und Salzsäure liefert, indem an jedem Puncte der Gold- oder Silbermünze eine eben so reichliche Gasentwickelung sich zeigt, als an dem Ende des feinen Drahtes, in welchem die ganze Wirkung der Maschine sich concentrirt.

1 Vergl. die Beschreibung derselben in diesem Wörterbuche III. Bd. S. 443.

Davy änderte diesen Versuch so ab, daſs eine feine, in Glas eingeschmolzene und mit dem positiven Leiter der Elektrisirmaschine verbundene Platinspitze in Wasser in isolirtem Zustande getaucht, und die E. vermittelst angefeuchteter Baumwollenfäden in die Atmosphäre zerstreut wurde; es bildete sich Sauerstoffgas mit ein wenig Stickgas gemengt, und wenn derselbe Apparat mit dem negativen Leiter verbunden war, so entstand Wasserstoffgas mit einer kleinen Menge Sauerstoffgas gemengt. Nach der kleinen Menge der beigemengten fremden Gasarten, die in keinem Falle mehr als $\frac{1}{30}$ des Gasvolumens betrug, konnte man annehmen, daſs sie von der Entwickelung der im Wasser befindlichen gemeinen Luft herrührten [1].

Auſser jenem Wasserzersetzungsversuche ahmte Wollaston auch noch in einem andern Versuche die Wirkungen des el. Stroms der Kette durch den el. Strom einer Elektrisirmaschine nach. Ein Chartenblatt mit Lackmus blau gefärbt und beinahe trocken, über welches ein Strom el. Funken zwischen zwei Goldspitzen, die das Papier berührten und einen Zoll von einander abstanden, strömte, wurde am positiven Drahte sichtbar roth, und die negative stellte die Bläue wieder her. Doch erfolgte diese Veränderung schneller durch den Volta'schen Apparat. Endlich gelang es Davy vermittelst in Glasröhren eingeschmolzener Platinspitzen von $\frac{1}{70}$ Z. im Durchmesser, durch den bloſsen el. Strom der Maschine Salze ganz auf dieselbe Weise zu zersetzen, wie die Zersetzung durch die einfache Kette oder die Säule erfolgt, daſs nämlich der basische Bestandtheil (z. B. das Kali) sich um den negativen Draht, der saure Bestandtheil (z. B. die Schwefelsäure) um den positiver Draht ansammelte, wozu jedoch schon bei 4 Gran eines Salzes, wie des schwefelsauren Kali's, 2 Stunden erforderlich gewesen waren [2].

57. Auf welche nähere Weise aber der el. Strom der galv. Kette, welcher als die hierbei thätige Ursache nach allem bisherigen wohl zugegeben werden muſs, die Zersetzung des Wassers und überhaupt alle nach demselben Typus erfolgende Zersetzungen der im Wasser aufgelösten zusammengesetzten Substanzen unter jener eigenthümlichen Form des getrennten Auftretens der Bestandtheile (nach Nr. 34 und 35), und wie ein fester Leiter, der die Continuität des Flüssigen unterbricht, jene

1 Gehl. Journ. V. 32.

2 Ebendaselbst.

merkwürdige Verdoppelung des Zersetzungsprocesses (nach Nr. 36) bewirke, ist eine Aufgabe, welche die Theorie an diesem Orte nicht ungelöst übergehen darf; denn wenn gleich die sich hierauf beziehenden Erscheinungen noch viel auffallender an den beiden Polen der Volta'schen Säule zum Vorschein kommen, und die detreffenden Erklärungen gewöhnlich nur diese zum Augenmerk gehabt haben, so gilt doch alles auf gleiche Weise auch für die einfache Kette, da die Wirkungen der Säule sich nur dem Grade nach von denen der Kette unterscheiden. In dem einfachsten Falle, wenn der flüssige Leiter ein Continuum zwischen den beiden trockenen Erregern bildet, erscheint jedesmal der Wasserstoff in gasförmigem Zustande am positiven Metalle, wenn kein durch diesen leicht reducirbares Metalloxyd in der Auflösung sich befindet, und der mit dem positiven Metalle sich verbindende Sauerstoff ist dann das Aequivalent des in der Gasentbindungsröhre am positiven Drahte, wenn dieser aus einem, keine merkliche Anziehung zum Sauerstoff habenden Metalle, wie Gold oder Platin besteht, auftretenden Sauerstoffgase. Eben so begeben sich die beiden Bestandtheile einer im Wasser aufgelösten zusammengesetzten Substanz, wenn sie durch die einfache Kette zersetzbar ist, getrennt und geschieden nach einer festen Regel, der eine an das positive, der andere an das negative Metall, und treten entweder frei auf, oder verbinden sich mit demselben, wenn dieses eine Anziehung zu demselben hat. Hier entsteht nun die Frage: Wo bleibt einerseits der Sauerstoff an dem Orte, wo sich nichts als Wasserstoff zeigt, und wo bleibt der Wasserstoff an dem Orte, wo nie Sauerstoff zum Vorschein kommt, wenn hierbei wirklich eine Wasserzersetzung zum Grunde liegt; und wie gelangen die respectiven Bestandtheile der zersetzten Materie an die Orte, von denen sie vorher entfernt waren. Die meisten Physiker haben diese Aufgabe am befriedigendsten durch die Annahme eines doppelten el. Stromes der dualistischen Theorie gemäſs zu lösen geglaubt und in diesen Erscheinungen selbst den entscheidendsten Beweis für diese Theorie gefunden. Die Erklärung selbst ist aber nicht auf gleiche Weise gegeben worden, und man kann zweierlei Formen derselben unterscheiden. Die erste ist zuerst von Theodor von Grotthuss genauer entwickelt worden [1]. Die Hauptidee,

1 Ann. de Ch. Tome 58. und dessen phys. chem. Forschungen S. 115.

welche hierbei zum Grunde liegt, ist, dafs eine ähnliche Polarität zwischen den Elementen des Wassers statt finde, wie zwischen den beiden Metallen der Kette, durch welche die Wasserzersetzung vermittelt wird. Nimmt man nämlich an, dafs in dem Augenblicke des besondern Auftretens von Wasserstoff und Sauerstoff in diesen beiden eine Theilung ihrer natürlichen E. vor sich gehe, (indem sie gegenseitig el. erregt werden durch Berührung oder durch Reibung des einen Körpers gegen den andern), so dafs ersterer positiv, letzterer negativ wird, so folgt, dafs das Metall, aus welchem unaufhörlich — E. ausströmt, Wasserstoff anziehen und Sauerstoff abstofsen mufs, während das Metall das unaufhörlich + E. ausströmt, Sauerstoff anzieht, und Wasserstoff abstöfst. Betrachtet man nun eine bestimmte Menge Wasser zusammengesetzt aus Sauerstoff, der durch das negative Zeichen (—), und Wasserstoff, der durch das positive Zeichen (+) bezeichnet werden mag, so wird in dem Augenblicke, wo durch Schliefsung der Kette der el. Strom in dieses Wasser geleitet wird, dieselbe E. zwischen den Elementartheilen des Wassers erregt, so dafs diese gleichsam das Complemant des galvanischen Bogens zu bilden scheinen. Zugleich haben alle Theilchen Sauerstoff, welche in dem Wege des el. Stromes liegen, eine Neigung nach dem positiven Pole sich zu bewegen, während alle Theilchen Wasserstoff, welche auf demselben Wege liegen, nach dem negativen Pole zu gelangen streben. Es folgt daraus, dafs wenn ein Theilchen Wasser o h seinen Sauerstoff o der E. des positiven Metalls abtritt, sein Wasserstoff h auf der Stelle wieder oxydirt wird durch die Anneigung eines andern Theilchens Sauerstoff o, dessen Wasserstoff h sich wieder mit r verbindet u. s. w. Das Nämliche geschieht umgekehrt mit dem Theilchen Wasser PQ, welches, indem es seinen Wasserstoff Q der E. des negativen Metalls abtritt, augenblicklich durch den Beitritt des Theilchens X wieder hydrogenirt wird, und diese Folge von Zersetzung und Wiedervereinigung der Elemente des Wassers wird so lange statt finden, bis dasselbe vollständig zerlegt worden. Man sieht leicht ein dafs hierbei blofs die Theilchen Wasser zerlegt werden, welche an den Metallen unmittelbar anliegen, während alle, die zwischen ihnen liegen, blofs wechselseitig ihre Elemente austauschen, ohne dabei ihre Natur zu verändern.

Dieselbe Art der Erklärung ist nun auch auf die mit der Zer-

setzung des Wassers parallel laufenden Zersetzungen der im Wasser aufgelösten Substanzen anwendbar, wenn diese ein ähnliches Continuum von dem einen Metalle zum andern in der einfachen Kette, oder von einem Polardrahte zum andern in der Säule bilden. Ein gleiches entgegengesetztes Verhältniſs je zweier Bestandtheile, in welche ein zusammengesetzter Körper durch den el. Strom getrennt wird, wie zwischen dem Wasserstoff und Sauerstoff, oder eine gleiche Polarität, bringt ein gleiches Verhältniſs gegen die polaren Metalle oder die Polardrähte und eine gleiche in der ganzen Reihe der Theilchen dieses Körpers von einem Pole zum andern fortschreitende abwechselnde Zersetzung und Wiederzusammensetzung derselben hervor. Befindet sich z. B. ein Salz in der Flüssigkeit, dessen Basis an dem negativen und dessen Säure an dem positiven Metalle, auftritt z. B. schwefelsaures Kali, so ist es die negative E. des negativen Metalls, welche die positive Basis anzieht, die negative Säure zurücktreibt, und eben so ist es auf der andern Seite die positive E. des positiven Metalls, welche die negative Säure anzieht und die positive Basis zurücktreibt. Aber auch in der ganzen Reihe finden gleiche Tendenzen der positiven basischen Theilchen nach dem negativen, der negativen sauren Theilchen nach dem positiven Pole statt, wodurch sie geneigt werden, aus einander zu treten, und so verbindet sich das von dem sauren Theilchen befreite basische Theilchen wieder mit dem sauren des an dasselbe in der Linie zwischen den beiden Metallen zunächst angränzenden Theilchen des Salzes und bildet damit wieder die neutrale Verbindung. Eben so auf der entgegengesetzten Seite verbindet sich das freigewordene Theilchen Säure mit dem basischen Theilchen des zunächst angrenzenden Salzes, und so schreitet diese Zersetzung und Wiederzusammenzetzung durch die ganze Reihe der Theilchen fort. Indem aber an die Stelle des zersetzten Theilchens immer neue unzersetzte mit den Metallen in Berührung treten, so werden immer neue Theilchen zersetzt, und es häufen sich so die freigewordenen basischen und sauren Theilchen so lange an den Metallen an, bis endlich alle Theilchen zersetzt sind. Sind es reducirbare Metalloxyde, welche mit einer Säure verbunden sind, so findet zugleich eine Wiederherstellung des Oxydtheilchens, welches von dem negativen Pole angezogen wird, durch den Wasserstoff, welcher an demselben frei wird, statt, und die durch

Krystallcohäsion sich anziehenden Metalltheilchen bilden in den meisten Fällen eine Vegetation.

Indeſs reicht diese Erklärung durchaus nicht hin, um von allen auf den chemischen Proceſs sich beziehenden Erscheinungen Rechenschaft zu geben, welche vielmehr eine wirkliche Bewegung, eine Ueberführung und Wanderung der Bestandtheile des Wassers und der übrigen zersetzt werdenden Substanzen von einem Pole zum andern auſser allem Zweifel gesetzt haben. Diese Erscheinungen sind zwar am auffallendsten durch die Säule darzustellen, wo ich wieder auf sie zurückkommen werde, aber auch schon die einfache Kette giebt dazu die vollständigsten Belege, namentlich in jenen oben beschriebenen Versuchen in welchen eine unten mit einer Blase verschlossene, mit irgend einer Salzauflösung gefüllte Glasröhre in das mit einer Säure geschärfte Wasser eines andern Gefäſses, und von den beiden Metallen, die mit einander zur Kette geschlossen sind, das eine z. B. das negative Metall in die erstere, das positive Metall in das andere Gefäſs eintaucht. Stets wird man, wenn der Versuch lange genug fortgesetzt ist, in dem Gefäſse, in welchem sich das positive Metall befindet, alle Säure und in dem andern Gefäſse alle Basis vereinigt finden. Diese Erscheinungen, so wie alle Modificationen des galvanisch-chemischen Processes, scheinen sich am besten durch die Annahme zweier el. Ströme erklären zu lassen, wovon jeder beim Austritt in die Flüssigkeit seinen respectiven Bestandtheil aus dieser anzieht, ihn mit sich fortführt, und bei der Bewegung der entgegengesetzten E. am entgegengesetzten Polardrahte, oder am entgegengesetzten Metalle frei läſst. Berzelius wendet gegen diese neuerlich von de la Rive[1] aufgestellte Erklärung ein, daſs man nicht einsehe, warum die EE. sich bei der Begegnung in der Flüssigkeit nicht eben so gut vereinigen und die ponderabele Materie fahren lassen, die nach dieser Hypothese während des Durchgangs durch die Flüssigkeit in einen gleichen Zustand, wie die sogenannten Imponderabilien versetzt werden müssen[2]. Auſserdem sollen aber auch die von de la Rive angeführten Versuche durchaus das Gegentheil von einer solchen Erklärung beweisen. Berzelius beruſte sich zum Be-

1 Ann. de Chim. et Phys. XXVIII. 200. 201.

2 Sechster Jahresbericht S. 26.

weise hiervon auf die von ihm gemeinschaftlich mit Hisinger angestellten Versuche, daſs, als er in einem Heber mit nach oben gekehrtem Schenkel zwei Salzauflösungen so goſs, daſs sie sich nicht vermischten, und ein Poldraht (dessen Stelle in der einfachen Kette das auf gleiche Weise el. polarisirende Metall vertritt) in eine jede Auflösung gestellt wurde, sich im Anfange des Versuches auf dem + Drahte die Säure des sich in dem zugehörigen Schenkel befindlichen Salzes und auf dem — Drahte das Alkali des in seinem Schenkel befindlichen Salzes abschied, und erst nach längerer Einwirkung, nachdem sich die Auflösungen allmälig vermischt hatten, beide Säuren und beide Basen erhalten wurden. Waren sie durch Wasser getrennt, so ging nicht eher eine Zersetzung der Salze vor sich, als bis sie sich im Wasser mit einander vermischt hatten. Eben so wenig, meint Berzelius, wie ein einziger Polardraht ohne Mitwirkung des andern eine Zersetzung bewirken könne, eben so wenig werde ein flüssiger Körper an dem einen Pole zersetzt, wenn er nicht von dem entsprechenden Pole berührt werde, oder wenn nicht an diesem etwas vorhanden sey, was auf dem Wege zwischen den Polardrähten einen Austausch der Bestandtheile bewirken könne. Der Sinn dieser Einwendung ist nicht klar. Daſs ein einzelner Polardraht so wenig als eine ungeschlossene Kette keine Zersetzung bewirken könne, wird niemand in Abrede stellen, da es überhaupt nur die in wirklicher Bewegung befindliche, und nicht die, durch bloſse Spannung eine gleichsam ruhende Vertheilung bewirkende E. ist, welche wirksam zu zersetzen vermag. Daſs übrigens kein solches Continuum des flüssigen Körpers wie Berzelius es verlangt, welches nämlich auf dem ganzen Wege einen Austausch der Bestandtheile gewähren kann, nothwendig sey, erhellet aus sehr vielen Versuchen, unter welchen einer von de la Rive selbst angestellter sehr entscheidend scheint, wo in einem Gefäſse, welches durch Zwischenräume von Blasen in drei Abtheilungen getrennt war, in den beiden äuſsersten, in welche die Polardrähte einer Säule eingetaucht waren, sich eine Auflösung von schwefelsaurem Zink und in der mittleren Abtheilung eine Salmiakauflösung befand, bloſs die Bestandtheile der Zinkauflösung getrennt an den beiden Drähten auftraten, und die Salmiakauflösung unzersetzt blieb, wo doch unmöglich ein solcher Austausch auf dem ganzen Wege erfolgen konnte. Kein einziger Versuch beweist

auf eine directe Weise jenen Austausch der Bestandtheile, jene in der Strecke von einem Pole zum andern, oder in der einfachen Kette von einem Metalle zum andern abwechselnden Zersetzungen und Wiederzusammensetzungen, während die wirkliche Wanderung und Ueberführung der kleinsten Theilchen von einem Pole zum andern durch viele Versuche auſser allem Zweifel gesetzt ist. Allerdings läſst sich aber die Wirkungsart jener Ströme in der Hervorbringung dieser Wanderungnn noch auf verschiedene Weise auffassen, ohne daſs auf dem jetzigen Standpuncte unserer Kenntniſs von der E. und von der Art, wie sie sich mit den kleinsten Theilchen der Körper verbindet, mit Sicherheit darüber entschieden werden kann. De la Rive scheint allerdings zu weit gegangen zu seyn, wenn er behauptet, daſs in allen Fällen die E. das respective Theilchen, mit welchem sie sich beim Ausströmen aus dem Polardrahte verbindet, nicht eher als am entgegengesetzten Polardrahte oder dem demselben in der einfachen Kette entsprechenden Metalle der einfachen Kette verlasse, wo sie durch ihren Gegensatz angezogen werde; denn mit Recht wendet Berzelius ein, daſs diese Vereinigung der beiden EE. in der Flüssigkeit selbst schon erfolgen könne, auch hat Davy durch entscheidende Versuche bewiesen, daſs die von dem einen Pole zum andern sich bewegenden Theilchen nicht in allen Fällen jenen erreichen, namentlich nicht, wenn entweder der Zwischenraum zwischen den Polardrähten zu groſs ist, oder eine stärkere chemische Affinität sie auf ihrem Wege gleichsam ergreift und zurückhält. Er beobachtete namentlich, daſs wenn ein Mittelgefäſs die beiden Röhren verbindet, in welchen Auflösungen von Metallsalzen oder von Talkerdesalzen sich befinden, die Metalloxyde und die Talkerde den entgegengesetzten Pol, nach welchem sie streben, nicht erreichen, sondern in dem Mittelgefäſse niederfallen und bei der Zersetzung von salzsauren Salzen, schwefelsauren Salzen, Barytsalzen und Silbersalzen konnten die Salzsäure, die Schwefelsäure, der Baryt und das Silberoxyd auf dem Wege nach dem Pole hin, nach welchem sie strebten, durch die mächtige Verwandtschaft, respective des Silbers, des Baryts, der Schwefelsäure und der Salzsäure, die sich in einem Mittelgefäſse befanden, aufgefangen werden.

Nehmen wir an, daſs von je zwei Bestandtheilen eines Körpers der Wasserstoff, oder jeder andere auf eine analoge Weise

sich mit ihm verhaltende, d. h. bei der Zersetzung eines Körpers, in welchen er eingeht, sich wie jener am negativen Pole sammelnde Bestandtheil eine gröſsere Verwandtschaft zu + E., der andere, nämlich der Sauerstoff und jeder sich bei der Ausscheidung aus einem Körper diesem analog verhaltende, Bestandtheil eine gröſsere Verwandtschaft zur — E. habe, so sind es eigentlich drei Kräfte, welche die Zersetzung und insbesondere jene Wanderungen von einem Pole zum andern bestimmen, nämlich einerseits die Anziehung des ponderabelen Stoffes zu seinem inponderabelen Gegensatze, dann die repulsive Wirkung der gleichnamigen E. gegen sich selbst, und die anziehende Wirkung der entgegengesetzten E. gegen einander, und es wird dann auf die Stärke der E. selbst ankommen, ob die Zersetzung zu Stande kommt und wie weit der isolirte Bestandtheil fortgeführt wird. Ein so schwacher el. Strom, wie er z. B. durch eine Kette von Gold und Graphit eingeleitet wird, ist nicht im Stande, das Wasser zu zersetzen, ohne Zweifel, weil die Verwandtschaft des Sauerstoffs zum Wasserstoff mächtiger ist, als die der schwachen positiven E. des Goldes zum Wasserstoff, und der negativen des Graphits zum Sauerstoff. Je schwächer die an den Polardrähten oder an den ihnen entsprechenden Metallen der einfachen Kette angehäufte E. ist, um so weniger ausgedehnt wird die Sphäre ihrer repulsiven Thätigkeit gegen die respectiven Stoffe seyn, und bei einer gehörigen Entfernung der Metalle oder der Polardrähte von einander werden sie entweder gar nicht, oder erst nach viel längerer Zeit an den entgegengesetzten Pol gelangen, wie denn Davy bisweilen erst nach mehreren Tagen den respectiven Bestandtheil an seinem Polardrahte, wohin er von dem entgegengesetzten zu wandern hatte, auftreten sah. Daſs auch die mit der stärksten Spannung begabten EE. nicht im Stande sind, auch nur die schwächsten chemischen Verbindungen aufzuheben, läſst sich einigermaſsen daraus begreifen, daſs die nöthige Menge E. sich nicht mittheilen kann, weil sie nicht von ihrem Gegensatze fortdauernd angezogen wird, und daſs die mit freier Spannung begabte E. nicht in das Innere der Flüssigkeiten selbst einzudringen vermag, sondern nach der Oberfläche hin durch die mächtige Repulsivkraft der Theilchen auf einander sollicitirt wird.

Die bisherigen Erörterungen finden sehr leicht ihre Anwendung auf die Erklärung des chemischen Processes in Ketten aus einem Metalle und zwei Flüssigkeiten, in welchen ersteres in

seiner Berührung mit diesen das Aequivalent von zwei Metallen wird, indem die eine Hälfte nun mit +, die andere mit — E. auftritt und folglich auf gleiche Weise zwei einander sich immerfort ausgleichende el. Ströme mit demselben Erfolge eingeleitet und unterhalten werden. Dafs der chemische Procefs durch die Dazwischenkunft von feuchter Blase nicht gehindert wird, ohngeachtet dieselbe der Communication und Wirkung der Flüssigkeiten aufeinander in Massentheilchen (selbst als kleinsten Tropfen) im Wege steht, erklärt sich aus der Natur jenes galvanisch-chemischen Processes, der nur in den kleinsten Theilchen vorgeht, für welche die Blase nicht undurchdringlich ist, weil auch die kleinsten Zwischenräume für Differentiale der Materie immer noch als grofs genug angesehen werden können. In dieser verschwindenden Kleinheit der Atome ist auch der Grund zu suchen, warum selbst mit den vortrefflichsten Mikroskopen keine Veränderung im Innern der Flüssigkeit, keine solche in Bewegung befindliche Theilchen wahrzunehmen sind, sondern alles in der vollkommensten Ruhe in der Zwischensäule zu beharren scheint.

Eine der schwierigsten Aufgaben für die Theorie ist aber die Erklärung jener merkwürdigen Verdoppelung des chemischen Zersetzungsprocesses durch die Unterbrechung der Continuität des flüssigen Leiters durch einen festen, oder die *polare* Thätigkeit des homogenen festen Leiters, die er unter dem Einflusse der Kette (oder der Säule) von welcher er ein Glied ausmacht, erhält. Grotthuss [1] hat in seiner Theorie der Wasserzersetzung diesen Fall zwar mit aufgeführt, aber gleichsam nur als Thatsache, ohne eine eigentliche Erklärung davon zu geben. In gewisser Hinsicht ist indefs diese besondere Form des Processes eine nothwendige Folge der ganzen Construction desselben durch diesen Naturforscher. Denn da die von den beiden ursprünglichen Polen, oder den ihnen correspondirenden beiden Metallen der einfachen Kette ausgehenden abwechselnden Zersetzungen und Wiederzusammensetzungen auf derjenigen Seite des polarisirenden Zwischenleiters, welche dem ursprünglichen positiven Pole gegenüber steht, so lange fortdauern, als sich dort ein letztes Theilchen Wasser befindet, das seinen Sauerstoff an den freigewordenen Wasserstoff des zunächst angrenzenden Wassertheil-

1 a. a. O. S. 133.

chens abgegeben hat, so muſs eben dadurch das ihm zugehörige Theilchen Wasserstoff frei werden, und umgekehrt muſs sich der Proceſs auf der entgegengesetzten Seite verhalten, d. h. ein Theilchen Sauerstoff frei werden, wie dieses durch die Zeichnung Fig. 119. anschaulich dargestellt wird, wo a und d die mit den Polen einer Säule verbundenen Drähte darstellen, deren Stelle in der einfachen Kette das Kupfer und Zink vertreten. Eben so läſst sich diese Erklärung sehr wohl auf alle Fälle von Zersetzungen anwenden, wo auf beiden Seiten die Flüssigkeit eine gleichförmige Auflösung einfacher oder auch verschiedener zusammengesetzter Körper ist. Auch folgt daraus von selbst, daſs die Mengen Sauerstoff und Wasserstoff an den Polen stets in demjenigen Verhältnisse auftreten müssen, in welchem sie wieder mit einander Wasser geben, man mag nun den Sauerstoff und Wasserstoff des trockenen Zwischenleiters auf einander, oder auf den Wasserstoff und Sauerstoff der ursprünglichen Pole beziehen. Indeſs stellen sich auch dieser Erklärung alle die Einwendungen entgegen, welche schon oben bemerklich gemacht worden sind, und auſserdem bleibt sie die Rechenschaft von dem Einflusse schuldig, welchen die eigenthümliche Beschaffenheit des interpolirten festen Leiters auf den Proceſs hat.

Befriedigender fällt, wenigstens dem ersten Anschein nach, die Erklärung in dem Sinne der zweiten Hypothese aus, indem die bloſse Undurchdringlichkeit des festen Leiters für die von dem einen Pole zum andern übergeführten Stoffe einen hinlänglichen Grund dieser Verdoppelung des Processes giebt. Der mit einem Ueberschusse von + E. überladene und vom + Pole zurückgetriebene Wasserstoff, und so jeder andere analoge + el. Bestandtheil, findet in dem Durchgange durch die Flüssigkeit selbst zwar keinen Widerstand wegen der Beweglichkeit der Theilchen derselben, kann aber in den festen für ponderabele Stoffe undurchdringlichen Leiter mit der E. selbst nicht eindringen, die ihn gröſstentheils verläſst, indem sie durch die Repulsivkraft der hinten nachströmenden E. vorwärts getrieben wird, und an jedem Puncte, wo die + E. in den Leiter eindringt, wird also der übergeführte Bestandtheil frei werden. Derselbe Fall findet auf eine entgegengesetzte Weise vom andern Pole her statt, und so treten jedesmal an den beiden einander gerade entgegengesetzten Enden die entgegengesetzten Bestandtheile des Wassers oder jedes andern zusammengesetzten Körpers auf,

der auf der einen oder andern Seite dem el. Strome und seiner zersetzenden Kraft unterworfen ist.

Mehr Schwierigkeit hat die Erklärung der Zersetzungen durch einen einseitigen el. Strom, wie ihn die von VOLTA selbst aufgestellte Theorie annimmt. Im Sinne derselben mufs man behaupten, dafs die Zersetzung zunächst nur an dem positiven Metalle oder dem positiven Polardrahte vorgeht, dafs die ausströmende E. sich des Wasserstoffs bemächtigt und den Sauerstoff daselbst frei macht, dessen sich das positive Metall bemächtigt, oder welcher gasförmig auftritt, wenn der Polardraht von Platin oder Gold ist, und dafs dieselbe + E., wenn sie in das negative Metall oder den negativen Polardraht einströmt, den Wasserstoff ihrerseits wieder fahren läfst, welcher daselbst in Gasform entweicht. Dasselbe würde auch mit allen andern Bestandtheilen, die von der positiven nach der negativen Seite übergeführt werden, der Fall seyn, mit den Laugensalzen, den Erden, den Metalloxyden, welche letztere selbst erst an diesem Pole durch den von seiner E. losgelassenen Wasserstoff reducirt werden. Bei der Unterbrechung des flüssigen Leiters durch einen festen würde dieselbe E., nachdem sie beim Eintritte in denselben den Bestandtheil, welchen sie mit sich geführt, an diesem Ende abgesetzt und denselben durchströmt hat, bei ihrem Ausgange auf dieselbe Weise wieder wirken, den Wasserstoff oder den demselben analogen Bestandtheil mit sich führen, und an dem andern Metalle oder Polardrahte absetzen. Dieser Erklärung stellt sich indefs eine grofse Schwierigkeit entgegen. Es ist nämlich durch die bereits oben angeführten Erfahrungen aufser allen Zweifel gesetzt, dafs ganz gleiche Wanderungen und Ueberführungen der Stoffe von dem negativen wie von dem positiven Pole aus statt finde. Hier könnte man dem Gesetze gemäfs, welches die Franklin'sche Theorie annimmt, und auf ihre Art zu erklären weifs, dafs nämlich auch negativ el. Körper sich abstofsen, annehmen, dafs das negativ el. Metall oder der negative Polardraht den negativen Sauerstoff zurückstofse, welcher auf diese Weise nach dem entgegengesetzten Pole, durch welchen er überdies als den ihm freundlich el. angezogen wird, gelangen mufs. Es scheint aber widersprechend, dafs die + E. welche sich mit dem Wasserstoffe verbindet und diesen mit sich fortführt, zugleich den Sauerstoff anziehe, und gleichsam in einer entgegengesetzten Richtung zurückführe. Ueberhaupt las-

sen sich die Anziehungen und Abstofsungen, welche die gleichsam ruhenden und mit Spannung begabten Elektricitäten ausüben, nicht wohl zur Erklärung von Erscheinungen anwenden, die von der in wirklicher Bewegung befindlichen strömenden E. abhängen, und die gerade mit um so gröfserer Lebhaftigkeit erfolgen, je ungehinderter die Strömung statt findet, d. h. je mehr die Spannung der E. auf 0 herabsinkt. Ueberdies ist die Annahme einer schon vorhandenen freien resp. + und — E. der Bestandtheile des Wassers, vermöge welcher sie von den entsprechenden Polen angezogen und abgestofsen werden, eine ganz willkürliche, welche sich durch keine einzige directe Erfahrung beweisen läfst, und welcher der Umstand entgegensteht, dafs diese entgegengesetzten Elektricitäten, wenn sie in der That vor der Verbindung der Bestandtheile mit einander diesen zukamen, doch bei der Bildung des Wassers sich vollkommen hätten ausgleichen müssen.

58. Auch von den in Nr. 43 näher beschriebenenen Wärme-Erscheinungen als Wirkungen der galv. Action, und ihren besondern Bedingungen und Gesetzen giebt die Theorie eines el. Stromes oder Kreislaufes als des hierbei wirksamen Agens, eine vollkommen befriedigende Rechenschaft. Wir wissen aus den Versuchen mit der Leidner Flasche, den Erscheinungen des Blitzes u. s. w., dafs überall, wo sich grofse Quantitäten von E. mit einander ausgleichen, oder in der Franklin'schen Sprache grofse Quantitäten von E. gedrängt durch die Körper hindurchströmen, jedesmal Temperaturerhöhung statt findet, die nach Mafsgabe der Quantitäten den höchsten Grad der Roth- und Weifsglühhitze erreichen kann. Alle Bedingungen, welche die Verstärkung des el. Stromes begünstigen, und ihn in einzelnen Stellen seines Kreislaufes in Körpern, welche ihrer eigenthümlichen Natur nach die Wärme-Anhäufung eher zulassen, concentriren, werden daher auch die Phänomene der Wärme-Erzeugung in einem gesteigerten Grade hervorbringen. Das scheinbar Wunderbare der Wirkung des kleinen Wollaston'schen Apparats erklärt sich so auf eine befriedigende Weise. Bei dem grofsen Leitungsvermögen der Salzsäure für E. wird fortdauernd eine grofse Menge von dieser im Kreislaufe bewegt, welche der Platindraht bei all seiner Feinheit als ein bei gleichem Durchschnitte so viele tausendmal besserer Leiter (s. *Leiter*) fortleiten kann, aber doch so viel Widerstand entgegensetzt,

dafs, wie in allen solchen Fällen eine starke Wärmeerzeugung erregt werden mufs, wozu sich gerade Platin vor allen Metallen, als der relativ schlechteste Leiter, unter denselben am besten eignet, indem er zugleich die Wärme, bei seiner relativ geringen Capacität für diese, am freisten hervorbrechen läfst. Dafs mit Vergröfserung der mit der Flüssigkeit in Berührung befindlichen Metallflächen auch dickere Drähte von ansehnlicher Länge durch einen solchen el. Strom der einfachen Kette zum Glühen gebracht werden können, folgt von selbst, und das wirkliche Zutreffen des Erfolgs ist ein neuer Beweis für die Richtigkeit der Theorie, welche einen solchen fortdauernden Strom annimmt. Diese Versuche zusammen mit den Versuchen über die chemischen Zersetzungen beweisen zugleich am augenscheinlichsten die aufserordentliche Menge von E., welche auch durch die kleinsten galv. Apparate in Bewegung gesetzt wird, worin dieselben die wirksamsten Elektrisirmaschinen übertreffen, deren fortdauernder Strom einen ähnlichen feinen Platindraht, wie der im Wollaston'schen Apparate, nicht einmal erwärmt. Die sonderbare Anomalie, welche die ungeheure einfache Kette von Children darbietet, habe ich bereits oben aus einer schnellen Verwandlung jenes Platindrahtes in Rauch zu erklären gesucht. Auf keinen Fall hat man mit Hare [1] nöthig, das galv. Fluidum, welches durch die einfache Kette oder Säule in Bewegung gesetzt wird, als eine eigenthümliche Verbindung von E. und Wärmestoff und dadurch von der gewöhnlichen Reibungselektricität abweichend anzusehen, aus welchem der Wärmestoff in Freiheit gesetzt werde, während E. durch die Leiter von einem Ende zum andern sich fortpflanze. Er sieht als einen entscheidenden Beweis hierfür die Wirkung des galvanischen Fluidums auf die Holzkohle an, welche zunächst den Metallen als einer der besten Leiter der E. und als der schlechteste Wärmeleiter deshalb die letztere anhalten, die erstere aber durchgehen lassen werde, weswegrn sie dann auch, zwischen die Pole des Volta'schen Apparats gebracht, dem intensiven Glühen besonders unterworfen sey, während sie mit der gewöhnlichen E. diese Eigenschaft nicht zu zeigen scheine. Mir sind keine Versuche bekannt, welche diese letztere Behauptung bestätigten, vielmehr scheint die Entzündung des Schiefspulvers durch einen gehemm-

1 Schw. XXVI. 313.

ten el. Strom, welche ohne Zweifel von einem Erglühen der Kohle desselben abhängt, gerade das Gegentheil zu beweisen, und eben der Umstand, dafs die Kohle zwar noch ein sehr guter Leiter der E. ist, aber doch den Metallen darin nachsteht, scheint den Grund ihres heftigeren Erglühens zu enthalten, wie dann auch das Platin aus demselben Grunde, weil es schlechter als die übrigen Metalle leitet, leichter zum Glühen gebracht wird. Dafs übrigens grofse galvanische Apparate bei den stärksten Aeufserungen von E., wie namentlich die sogenannten Zamboni'schen oder trockenen Säulen[1] gar keine Wärmeerzeugung bewirken, während ein einfacher Elektromotor, wie Hare's Deflagrator, an welchem kaum eine Spur von freier el. Spannung mit Hülfe der empfindlichsten Condensatoren auszumitteln ist, eine Quelle von so aufserordentlicher Wärme ist, kann durchaus nicht als ein Beweis, dafs die Wärme nicht die unmittelbare Wirkung der el. Thätigkeit der galv. Apparate sey, angesehen werden, indem sich diese Verschiedenheiten sehr leicht erklären lassen, sobald man darauf Rücksicht nimmt, dafs die E. nicht durch ihre freie Spannung, sondern durch ihre Strömung oder nach der dualistischen Ansicht durch die wechselseitige Ausgleichung ihrer Gegensätze die Wärme erzeuge, und zwar in desto höherem Grade, je eine gröfsere Quantität in einer gegebenen Zeit durch einen Körper hindurchströmt, oder je gröfsere Quantitäten sich in demselben ausgleichen, wovon bei Vergleichung der Wirkungen der verschiedenen Volta'schen Apparate näher die Rede seyn wird.

Wie endlich die magnetische Thätigkeit der Glieder einer geschlossenen Kette oder Säule von dem el. Strome abhänge, und wie diese ihrer Stärke nach wachse in dem Verhältnisse, in welchem die äufseren Bedingungen der Verstärkung dieses Stromes günstig sind, davon ist schon an seinem Orte unter dem Artikel *Elektromagnetismus*[2] gehandelt worden, und die Richtigkeit dieser Ableitung hat kürzlich eine neue Bestätigung durch die Versuche Colladon's[3] erhalten, welcher mit Hülfe eines Multiplicators von 100 und noch auffallender von 500 Windungen nicht blofs durch den el. Strom einer Batterie und selbst einer einzelnen Leidner Flasche, welche durch Annäherung ei-

1 S. diesen Artikel.
2 III. Bd. S. 473.
3 Schw. N. R. XVIII. 285.

ner Spitze allmälig entladen wurde, sondern selbst einer wirksamen Cylinder-Maschine, mit deren Reibzeuge und erstem Leiter die beiden Enden des Multiplicators in unmittelbere Verbindung gesetzt worden waren, sehr starke Abweichungen der Magnetnadel, und zwar ganz auf dieselbe Weise erhielt, wie sie der in der Theorie der einfachen Kette angenommenen Richtung der el. Ströme gemäſs erfolgen muſsten.

59. Nach Volta's Theorie hat, wie wir sahen, der flüssige Leiter wesentlich keine andere Function, als den el. Strom vou dem einen Metalle zum andern, oder von der einen Hälfte des einen Metalls zu der des andern zu vermitteln, und die Zersetzung desselben, so wie überhaupt der chemische Proceſs, den der flüssige Leiter stets in die Kette mit einführt, ist Volta zufolge ganz gleichgültig für die Erregung des el. Stromes der Kette. Nun konnte und durfte aber die Theorie den bedeutenden Einfluſs, welchen die besondere Beschaffenheit des feuchten Leiters auf die Stärke des el. Stromes so unleugbar ausübt, nicht übersehen, sie glaubte aber diesen Einfluſs befriedigend, theils aus dem verschiedenen Leitungsvermögen der verschiedenen Flüssigkeiten für die E., theils aus dem verschiedenen elektromotorischen Verhalten der verschiedenen Flüssigkeiten gegen die verschiedenen Erreger der ersten Classe erklären zu können. Daſs alle Umstände, welche auf die Leitung in der geschlossenen Kette Einfluſs haben, auch auf die Stärke der galv. Action influiren, ist keinem Zweifel unterworfen, man mag nun die Stärke der Action nach der Wirkung auf die Magnetnadel, oder nach der Lebhaftigkeit des chemischen Processes, oder nach der Wärmeerzeugung in einem metallischen Drahte, durch welchen der el. Strom hindurch zu gehen gezwungen ist, bestimmen. Der Effect wird für jedes gegebene Paar Elektromotoren jedesmal am stärksten seyn, wenn der flüssige Leiter gerade eben so viel Leitung gewährt, als von einem Metalle zum andern impellirt wird, oder nach der Theorie zweier Materien von den Puncten aus, in welchen sich die beiden galvanisch auf einander wirkenden Metalle berühren, nach den entgegengesetzten Seiten + und — strömt. Da die Flüssigkeiten, selbst die am besten leitenden, viele tausendmal schlechter leiten, als die Metalle, und das Quntum der Leitung für jeden Leiter in dem Verhältnisse zunimmt, in welchem derselbe der durchströmenden E. einen gröſseren Durchschnitt darbietet, so wird man,

um die Gleichheit der Leitung hervorzubringen, die Oberfläche in welcher die Metalle die Flüssigkeiten und überhaupt den feuchten Leiter berühren, viele tausendmal gröfser machen müssen, als die Berührungsfläche der beiden Metalle unter einander, und wenn daher diese auch gleichsam nur in einem Puncte mit einander communiciren, oder durch einen dünnen Draht zusammenhängen, so wird eine Ausdehnung der Oberfläche der Metalle zu mehreren Quadratschuhen für eine gegebene Flüssigkeit, die an sich ein schlechter Leiter ist, vielleicht noch nicht hinreichen, um alle durch die Wirkung der Metalle auf einander erzeugte E. zu erschöpfen, oder eben so schnell durch sie hindurch zu leiten, als sie von dem einen Metalle zum andern angetrieben wird. Damit stimmen auch alle Erfahrungen vollkommen überein. Man begreift ferner, dafs bei gleicher Oberfläche der beiden Elektromotoren der el. Strom um so lebhafter seyn wird, je besser die Flüssigkeit an und für sich leitet, und so verhält sich auch im Allgemeinen die Sache, indem Säuren als Zwischenleiter die schärfste Wirkung geben, demnächst salzige Flüssigkeiten, Wasser aber, welches nach Marianini's Versuchen [1] sogar 100 mal schlechter leitet, als gewöhnliches Meerwasser, allen Flüssigkeiten in dieser Hinsicht bei weitem nachsteht. Wenn diejenigen Flüssigkeiten, die einen lebhaften chemischen Procefs mit dem einen oder andern Metalle eingehen, hierin einen Vorzug vor andern haben, so kommt hierbei auch die innigere Berührung in Betrachtung, in welche sie mit den Theilen des Metalls eben durch diesen chemischen Procefs gelangen, indem bei einer E. von so äufserst schwacher Spannung auch der kleinste Zwischenraum ein schon hinlängliches Hindernifs für die Fortleitung abgeben kann. Da die Ausdehnung der Leiter in die Länge der Fortleitung der E. hinderlich ist, so begreift man auch, warum eine grofse Strecke des flüssigen Leiters zwischen den Metallen die galv. Action, wenn sie wesentlich in einem Kreislaufe der E. besteht, beschränken mufs, womit die Versuche vollkommen zusammenstimmen, nach welchen die magnetische Thätigkeit, die Wärmeerzeugung in dem Drahte, der die beiden Elektromotoren verbindet, und die chemische Zersetzung der Flüssigkeit um so lebhafter werden, je dünner die Schicht der Flüssigkeit ist, welche die Metalle von einan-

1 Schw. N. R. XIX. 301.

der trennt. Marianini [1] hat neuerlich noch eine Reihe interessanter Versuche bekannt gemacht, welche den Einfluſs der verschiedenen Umstände, die das Quantum der el. Leitung bestimmen, auf die Wirksamkeit der einfachen galvanischen Kette aus zwei Elektromotoren der ersten Classe und einer Flüssigkeit, sofern dieselbe durch die Gröſse der Abweichung der Magnetnadel gemessen wird, deutlich darthun. So fand er im Allgemeinen die Action verstärkt durch Erhöhung der Temperatur der angewandten Flüssigkeit, wodurch bekanntlich das Leitungsvermögen für E. erhöhet wird, jedoch zeigte sich diese Zunahme bei verschiedenen Flüssigkeiten um so geringer, je bessere Leiter sie an und für sich sind. Dabei war es merkwürdig, daſs wenn das Leitungsvermögen durch Erhöhung der Temperatur von einem gewissen Puncte aus bis zu einem beliebigen höheren zugenommen hatte, die Abnahme bei rückgängiger Abkühlung nicht so viel betrug, als die Zunahme, und die Flüssigkeit erst nach ziemlich langer Zeit ihr ursprüngliches Leitungsvermögen wieder erhielt, wie man am besten aus folgenden Zahlen ersehen wird, welche für destillirtes Wasser mit $\frac{1}{100}$ salzsauren Natrons versetzt und ein Kupfer-Zink Paar von 3 Quadratzoll Berührungsfläche die Zu- und Abnahme des Leitungsvermögens durch Abweichungen der Magnetnadel angeben.

Temp.	6°	Abweichung	2° 00′	Temp.	80°	Abweichung	10° 00′
—	60°	—	5 30	—	60	—	7 30
—	70	—	7 00	—	45	—	6 00
—	80	—	10 00	—	32	—	5 30
				—	24	—	5 00
				—	10	—	3 00

Was die Ausdehnung der Flüssigkeit zwischen den beiden Elektromotoren betrifft, so fand Marianini, daſs die von der Vergröſserung des Abstandes der beiden Elektromotoren von einander abhängige Wirkungsabnahme um so rascher vorwärts schreitet, je unvollkommener die Flüssigkeit leitet. So gab ein Zink-Graphit-Paar von drei Quadratzoll Oberfläche in drei verschiedene Mischungen eingetaucht, folgende Resultate:

1 Schw. N. R. XIX. S. 50 ff.

Destillirtes Wasser mit

Abstand	$\frac{1}{1000}$ Kochsalz	$\frac{1}{30}$ Kochsalz	$\frac{1}{10}$ Kochsalz	$\frac{1}{100}$ Schwefelsäure
0″ 3‴	4° 00′	8° 00′	3° 30′	
1 6	1 45	5° 30	12 00	
5 0	1 00	3 00	8 30	

In reinem destillirten Wasser wurde eine kleine Abweichung der Magnetnadel, welche ein grofses Zink-Graphit-Paar bei einem Abstande von nur einer Linie hervorbrachte, durch die geringste Vergröfserung des Abstandes auf 0 herabgebracht. In verdünnter Schwefelsäure fiel die nämliche von einem kleinen Zinn-Zink-Platten-Paare bewirkte Abweichung nicht merkbar verschieden aus, als der Abstand dieser Platten von 1 L. bis auf mehr als 1 Z. vergröfsert wurde. Besonders bemerkenswerth hierbei ist es, dafs die Summe der feuchten Lagen in einer aus einer Anzahl von Platten-Paaren zusammengesetzten Säule den el. Strom uuabhängig von dem Einflusse der Wechsellagen eben so schwächte, als wenn alle jene Lagen zu einer einzigen vereinigt und zwischen beide Platten eines einzigen Paares gelegt wurden. Bei 6 Platten-Paaren aus Kupfer und Zink, die in 6 grofse, mit Meerwasser gefüllte, Becher eingetaucht wurden, und der Zwischenraum des flüssigen Leiters zwischen je zwei Platten 5 Zoll und also im Ganzen 25 Z. betrug, fand keine Abweichung statt, jedoch wuchs diese zu 1°, als der Zwischenraum auf $\frac{1}{2}$ Z. reducirt wurde, die Summe also 3 Z. betrug. Ganz dasselbe Verhältnifs gegen die Magnetnadel fand statt, als zwischen den Platten eines einzigen Paares der Zwischenraum des flüssigen Leiters das eine mal 30 Z. das andre mal 3 Z. betrug. Was endlich noch bei Gleichheit der angegebenen Umstände den Einflufs der besondern Beschaffenheit des flüssigen Leiters betrifft, sofern derselbe blofs einer Verschiedenheit des Leitungsvermögens der verschiedenen Flüssigkeiten zugeschrieben wird, so fand Marianini das Leitungsvermögen des Meerwassers 100 mal gröfser als das des destillirten Wassers, indem dasselbe bei 5 mal geringere Oberfläche der Platten-Paare eine 20 mal gröfsere Abweichung der Magnetnadel bewirkte, und dieses Leitungsvermögen des Meerwassers = 100 gesetzt ergaben sich aus der verschiedenen Gröfse der Abweichungen der Magnetnadel folgende Werthe für

das Leitungsvermögen von Auflösungen von je einem Theile der Substanz in 100 Theilen Wasser [1]:

Blausaures Natron	10,96	Benzoes. Kali	76,56
Blausäure	18,27	Salpeters. Kali	78,3
Flüssiges Ammoniak	26,45	Schwefels. Kali	80,0
Natron	32,6	Salzs. Natron	84,79
Phosphors. Kali	44,74	Alaun	85,0
Borax	45,31	Citronensäure	85,71
Phosphors. Natron	46,0	Essigsäure	87,0
Brechweinstein	50,7	Weinsteins. Kali	92,0
Schwefels. Zink	51,64	Weinsteinsäure	98,66
Chlors. Baryt	53,23	Salzs. Kalk	110
Kali	55,68	Phosphorsäure	127
Salzs. Eisenoxydul	56,53	Eisensalmiak	136
Salpeters. Kalk	57,0	Kleesaures Kali	149
Essigsaures Kali	59,2	Salmiak	150
Salpeters. Baryt	60,	Essigs. Kupfer	154
Schwefels. Eisenoxydul	62,26	Salzsäure	164
Saures weinsteins. Kali	62,4	Sauerkleesäure	179
Schwefels. Magnesia	62,64	Schwefelsäure	239
Essigs. Natron	64,9	Schwefels. Kupferoxyd	258
Doppelt kohlens. Kali	66,7	Salpeters. Quecksilberoxydul	278
Neutrales Chlors. Kali	68,9		
Kohlensäuerl. Natron	69,2	Salpeters. Silber	298
Benzoesäure	70,67	Salzs. Gold	307
Mekons. Ammoniak	71,15	Salpetersäure	353
Schwefels. Natron	74,2	Salzsaures Platin	418

Dabei bemerkte Marianini noch, daſs die Leitungsfähigkeit beinahe im Verhältniſs mit der Menge der aufgelösten Substanz wächst, langsamer jedoch, wenn man sich dem Sättigungspuncte nähert, doch ohne daſs diese Zunahme einfache Verhältnisse dargeboten hätte. Auch bemerkte er, daſs das Leitungsvermögen verschiedener Flüssigkeiten für verschiedene Platten-Paare nicht in gleichem Verhältnisse stehe, und meint, daſs die chemischen oder elektormotorischen Wirkungen, welche Metalle und Flüssigkeiten auf einander ausüben, die Ursache dieser Anomalieen seyen.

1 Schweigg. XIX. 298.

Auch der merkwürdige Einfluſs der relativen Vergröſserung der Berührungsfläche des negativen Metalls mit der Flüssigkeit, verglichen mit derjenigen des positiven Metalls, auf die Verstärkung der Wirkung, lieſse sich vielleicht aus einem Leitungsverhältnisse erklären. Zu den bereits oben angeführten Erfahrungen füge ich hier noch die von Marianini hinzu, welchen zufolge die Wirkung bisweilen noch zunahm, wenn die Kupferfläche das Hundertfache der Zinkfläche betrug, in andern Fällen aber schon beim Vierzigfachen der Kupferfläche die Wirkung ihr Maximum erreicht hatte. So lange die Zinkfläche mehr als den 10ten Theil der Kupferfläche ausmacht, wächst die Wirkung sehr rasch, mit Vergröſserung der letzteren, langsam aber in dem Maſse, als man sich von dieser Grenze entfernt. Wurde z. B. von der Gleichheit der Flächen beider Metalle ausgegangen, die Wirkung durch zehnfache Vergröſserung der Kupferplatte verdreifacht, so wurde sie doch kaum vervierfacht durch eine dreiſsigfache Vergröſserung. Bei Vergröſserung der Zinkfläche gegen die Kupferfläche wurde nur anfangs die Wirkung um äuſserst wenig erhöht und erhielt bald nicht mehr den geringsten Zuwachs. Eine Zunahme der Wirkung durch Vergröſserung der Berührungsfläche des negativen Metalls zeigte sich für alle Combinationen von Zink, Eisen, Blei, Zinn, Kupfer, Messing, Silber, Gold und Platin. Nun hat Ritter [1] durch eine sehr ausführliche Induction auſser allen Zweifel gesetzt, daſs mit der Oxydirbarkeit der Metalle ihr Leitungsvermögen in geradem Verhältnisse steht. Dieses Resultat steht freilich in directem Widerspruche mit den auf andere Weise erhaltenen Resultaten Davy's [2] und Becquerel's [3] welchen zufolge die weniger oxydirbaren Metalle, wie Gold, Silber, Kupfer, die besten Leiter, die mehr oxydirbaren dagegen die schlechteren Leiter, und nach Becquerel das am meisten oxydirbare Metall, das Kalium sogar der schlechteste Leiter seyn würde [4]. Ritter ist besonders durch genaue Analyse der Versuche van Marum's über die verschiedene Schmelzbarkeit der verschiedenen Metalle durch el. Entladungen zu jenem interessanten Resultate gelangt, das aber noch durch

1 El. System S. 172. Anm.
2 G. LXXI. 225.
3 Bulletin général Mai 1825.
4 s. den Artikel: *Leiter*.

eine Menge anderer Erfahrungen unterstützt wird, und was schon aus früheren Versuchen Priestley's hervorging. Diesem Resultate zufolge würde das Leitungsvermögen der Metalle in derselben Ordnung abnehmen, wie ihre Negativität in der Spannungsreihe zunimmt und vom besten Leiter ausgegangen so auf einander folgen: Zink, Blei, Zinn, Eisen, Kupfer, Messing, Silber, Gold [1]. - Schlägt man das Leitungsvermögen des Zinks auf wenigstens das Zehnfache desjenigen des Kupfers an, eine Schätzung, die nach jenen Erfahrungen nicht übertrieben seyn dürfte, so erklärt sich befriedigend die Erfahrung, daſs in einer Kette von Zink und Kupfer letzteres wenigstens die zehnfache Oberfläche des ersteren erfordert, um das Maximum von Wirkung zu haben, und warum überhaupt in allen Combinationen zweier Metalle dem negativen, d. h. dem weniger oxydirbaren, die gröſsere Oberfläche ertheilt werden muſs.

60. Es bieten sich indeſs Verhältnisse auch schon in der einfachen galvanischen Kette dar, welche gegen die Zulänglichkeit des zur Erklärung der Erscheinungen derselben von Volta aufgestellten Princips streiten und welche zu wesentlichen Abweichungen von dieser Theorie Veranlassung gegeben haben. Wenn nämlich auch alle Stimmen (mit Ausnahme einer gewissen naturphilosophischen Ansicht Einzelner Wenigen, die von elektrischen Materien und Strömungen derselben überall nichts gelten lassen will, und von welcher am Ende noch die Rede seyn wird) dieser Theorie darin ihren Beifall schenkten, daſs ein solcher el. Strom oder Kreislauf von E., sey es nun ein einseitiger oder ein doppelter, durch die Kette hindurch statt finde, so brachte man dennoch jenen merkwürdigen chemischen Proceſs, den man als die wesentliche Bedingung für die Wirksamkeit einer galvanischen Kette ansah, in eine andere Beziehung damit, als durch Volta geschehen war, welcher denselben als eine bloſse Wirkung der el. Action damit verknüpft hatte. Jenes geschah aber auf eine dreifach verschiedene Weise, indem einige diesen chemischen Proceſs zwischen den festen und flüssigen Erregern als die eigentliche Quelle der in der Kette wirksamen E. betrachteten und in der chemischen Einwirkung die Ursache jener polaren el. Spannung zwischen den festen und flüssigen Erregern, welche das Wesen alles

1 Ritter a. a. O. S. 202.

Galvanismus ausmacht, suchten; andere zwar die Elektricitätserregung von der bloſsen Berührung der Körper und insbesondere der Metalle unter einander abhängig annahmen, aber die Fortdauer dieser Erregung, oder die immer wiederkehrende Anfachung als wesentlich geknüpft an den chemischen Proceſs ansahen; endlich noch andere das Wesen des Galvanismus in die Combination eines ganz eigenthümlichen chemischen Processes mit der elektromotorischen Wirkung der Körper und insbesondere der Metalle auf einander setzten. Als Repräsentant der ersten Ansicht kann man Ritter, denjenigen der zweiten Davy und denjenigen der dritten Dr. Jäger ansehen.

Ritter hat seine Theorie am ausführlichsten in seinem el. System der Körper entwickelt. Er sieht durch eine erschöpfende Induction den allgemeinen Satz als hinlänglich begründet an[1]: „daſs in einer galvanischen Kette nur dann Action statt hat, wenn wenigstens der eine Leiter erster Classe, oder, wenn überhaupt nur einer in ihr vorhanden ist, dieser *eine* auch *auſserhalb* der Kette für sich schon von dem Leiter zweiter Classe, oder, wenn zwei derselben vorhanden waren, von wenigstens einem derselben chemisch angegriffen wird, und daſs die Action in jener in dem Grade statt hat, als dieses geschieht, d. h. in ihrer Stärke gleichen Schritt mit der chemischen Action hält."

Zum Beweise, daſs nur dieses allgemeine Princip zur Erklärung aller Erscheinungen ausreiche, und das Volta'sche nicht genüge, führt er mehrere Fälle an, in welchen entweder gar keine galvanische Action statt fand, die doch nach der Volta'schen Theorie hätte eintreten sollen, oder die Wirkung nicht dem Grade nach mit der Intensität der von dieser Theorie angenommenen Ursache übereinstimmte, dagegen in diesen und in allen bis jetzt bekannten Fällen die Erfolge sich genau dem von ihm aufgestellten allgemeinen Principe gemäſs verhielten. Nach Ritter sollen nämlich Silber und Gold oder Silber und Platin unter *Salzsäure* keine bemerkliche Wirkung geben, wohl aber, und sehr starke, unter *Salpetersäure*. In beiden Ketten seyen die Metalle dieselben, auch in der Leitung sey kein Unterschied, da Salzsäure unter die besten Leiter zweiter Classe gehöre; der einzige Unterschied dieser beiden Ketten sey bloſs

1 a. a. O. S. 49.

der, daſs das Silber, welches in der wirksamen Kette Oxygenpol ist, dasjenige Metall sey, auf welches die Salpetersäure auch auſser der Kette von groſser Wirksamkeit, die Salzsäure dagegen von keiner ist. Andererseits gebe Gold mit Platin in der Salpetersäure aufs innigste verbunden, keine Wirkung. Ja auch das allerempfindlichste Froschpräparat werde durch diese Kette nicht afficirt, was dem aufgestellten Principe vollkommen gemäſs sey, da Salpetersäure auch auſser der Kette auf keines dieser Metalle wirkt, mit der Volta'schen Theorie aber im Widerspruch stehe. Für den zweiten Haupttheil des aufgestellten Princips, daſs die Stärke der Action stets im geraden Verhältnisse mit der chemischen Action, die auch auſserhalb der Kette statt finde, stehe, aber keinesweges nach dem Principe der Volta'schen Theorie im Verhältnisse der elektromotorischen Action, wie sie durch die Spannungsreihe bestimmt ist, oder der Gröſse der Leitung, dafür sollen vollends eine Menge Beispiele sprechen. So geben manche Amalgame, ungeachtet sie selbst mit dem Zinke noch + werden, also vom Golde und Platin weiter abstehen, und folglich eine kräftigere el. Erregung mit demselben eingehen, mit welcher die galvanische Action gleichen Schritt nach Volta halten müſste, doch weniger Wirkung unter *Salzsäure* mit dem Golde oder Platin, als das Zink, das aber auch seinerseits auſser der Kette mit der Salzsäure eine lebhaftere chemische Action eingeht, als diese Amalgame. So wirkt Zinn mit Platin unter Salzsäure sehr stark, Blei mit Platin dagegen äuſserst schwach, ungeachtet das Blei in der Spannungsreihe sogar weiter vom Platin absteht, als das Zinn, und also eine stärkere Impulsion von Platin aus gegen das Blei, als gegen das Zinn und damit eine stärkere el. Strömung statt finden sollte. Es muſs also hier ein anderes Verhältniſs von wesentlichem Einflusse seyn, als das elektromotorische, und zwar eben das chemische, da Zinn auch auſser der Kette viel stärker von der Salzsäure angegriffen wird, als Blei. Ueberhaupt wirken je zwei Metalle in einer gegebenen Säure nach Ritter bei weitem nicht genau nach ihrem Abstande in der Spannungsreihe von einander; Zink steht von Platin gewiſs nicht noch einmal so weit ab, als Blei von Platin, und doch ist die Action der ersten Verbindung viele Male stärker als die der letzten. Eben so ist der Wirkungsunterschied von Zink und Platin (Gold, Silber u. s. w.) und von Eisen, Kupfer,

Wismuth, Spiefsglanz, Kobalt, Zinn und Platin aufserordentlich viel gröfser, als er der blofsen Spannnngsreihe nach seyn sollte. Dasselbe gilt von der Wirkung des Zinks mit Zinn verglichen mit der von Zinn mit Gold, Silber oder Platin. Ueberhaupt hat das Zink im Galvanismus einen Vorzug vor allen übrigen Metallen, aber es ist gerade auch dasjenige Metall, auf welches alle Säuren und Salze auch für sich, mit so grofser Heftigkeit einwirken. Auch von den flüssigen Leitern geben immer diejenigen die gröfste Action, welche auf das eine von den beiden Metallen am heftigsten wirken, insbesondere dasselbe am schnellsten oxydiren und zugleich den sich entbindenden Wasserstoff condensiren (indem er z. B. zur Reduction von Metalloxyden verwendet werden kann), wie namentlich die Salpetersäure, die oxydirte Salzsäure; nächst ihnen diejenigen Metallauflösungen in Säuren, in denen die Metalle am stärksten oxydirt sind; dann folgen die Salzsäure, die Schwefelsäure und die Neutralsalze aus diesen Säuren und der Salpetersäure. Dasselbe bestätigt sich auch in Ketten aus einem trockenen Erreger und zwei Flüssigkeiten. Immer mufs die eine Flüssigkeit chemisch auf das eine Metall wirken, und die Wirkung ist am stärksten, wenn die beiden Flüssigkeiten auf den entgegengesetzten Seiten des Metalls entgegengesetzte Wirkungen ausüben, die sich gleichsam wechselseitig unterstützen, z. B. in Ketten aus Kupfer, Schwefelleber, Salpetersäure, Kupfer, welche Verbindung auch auf die Magnetnadel eine aufserordentliche Wirkung ausübt. Dagegen will Ritter in Ketten aus Salz-, Salpeter oder Schwefelsäure, Wasser und Gold oder Platin, in welchen keine chemische Wirkung der Flüssigkeit auf das Metall statt findet, nie eine Spur von Wirkung wahrgenommen haben. Zu diesen ältern Erfahrungen lassen sich noch einige neuere von Davy, Becquerel u. a. hinzufügen. Davy hat besonders in seiner neuesten Vorlesung[1] „über die Verhältnisse der elektrischen und chemischen Veränderungen", die galvanische Action in Ketten aus einem Metalle und zwei Flüssigkeiten untersucht, und gleichfalls für Ketten aus einem Metalle, einer Säure und einer alkalischen Flüssigkeit das allgemeine Gesetz aufgestellt, dafs die mehr oxydablen Metalle, auch Kohle und Silber, eine um so stärkere galvanische Action

1 Ph. Tr. 1826. p. 383.

zeigen, d. h. einen um so kräftigeren el. Strom geben, je stärker die chemische Wirkung ist, und in Verbindungen dieser Art fand Davy die Säuren folgende Ordnung beobachten, die auch merklich die Ordnung der Intensitäten, mit welchen sie chemisch wirken, ist: Salpetersalzsäure, Salpetersäure, salpetrige Säure, Schwefelsäure, Phosphorsäure, vegetabilische Säuren, schweflige Säure, Blausäure, Schwefelwasserstoffsäure. Hierher gehört ferner folgender Versuch Becquerel's [1], durch welchen derselbe zu beweisen suchte, daſs die chemische Wirkung an und für sich *ganz unabhängig* von derjenigen, welche die Körper durch bloſse Berührung auf einander ausüben, oder der sogenannten elektromotorischen im engern Sinne, E. nicht bloſs errege, sondern zum Strömen bringe. Der eine Enddraht eines Multiplicators wurde an eine Pincette von Platin befestigt, welche eine mit Flieſspapier umwickelte Goldlamelle faſste, die in ein Glas mit Salpetersäure reichte, in welche er den andern, ebenfalls aus Platin bestehenden, Enddraht des Multiplicators einführte. Die Magnetnadel blieb vollkommen in Ruhe, denn das Platin war auf beiden Seiten mit Salpetersäure in Berührung, welche in das Papier zwischen der Platin - Pincette und Gold eingedrungen war. Ein einziger Tropfen Salzsäure war aber hinreichend, sogleich einen el. Strom hervorzubringen, wie die nun eintretende Abweichung der Magnetnadel anzeigte, unterdeſs die Flüssigkeit goldhaltig wurde. Von der Säure ging dabei positive E. aus, um im Multiplicator der negativen vom Golde zu begegnen, ein Beweis, wie Berzelius in der Mittheilung dieses Versuches [2] hinzugefügt, daſs in dem Vereinigungspuncte negative E. von der Säure positive vom Golde zerstörte, gerade so, wie es die elektrochemische Theorie voraussetzt. Wurde statt Gold ein Streifen von Kupfer oder Zink genommen, so war die Salpetersäure allein hinreichend diese Erscheinung hervorzubringen. Bisweilen war es indeſs mit diesen der Fall, daſs der el. Strom seine Richtung umwechselte, ohne daſs sich hiervon eine genügende Ursache angeben lieſs; da indeſs dieses vergleichungsweise seltener eintraf, so hat man, meint Becquerel, Grund, es zufälligen Umständen, welche der Aufmerksamkeit entgingen, zuzuschreiben;

1 Schweigg. XVI. 156.

2 Fünfter Jahresbericht S. 14.

denn die Umwindung der Platin-Pincette mit Fliefspapier, welches die Berührung des Platins mit neugebildetem Oxyd oder abfallenden Theilen des sich auflösenden Metalls verhinderte, kam grofsentheils den anomalen Erscheinungen zuvor. Ein anderer Versuch Becquerel's, welchen er als einen Beweis von Elektricitätserregung durch den chemischen Procefs als solchen ansieht, ist folgender. Er gofs in zwei Kapseln in die eine eine alkalische Lösung, in die andere eine Säure, verband beide Flüssigkeiten durch einen Streifen von Platin, und tauchte nun die gleichfalls aus Platin bestehenden Enden des Multiplicators jedes von seiner Seite in die Flüssigkeiten. Es zeigte sich keine Spur von el. Strömung, weil die elektromotorische Action des Platins auf die beiden Flüssigkeiten sich von beiden Seiten aufhob. Wurde dagegen statt des Zwischenblechs von Platin ein Streifen von Amianth gebraucht, welcher auf jeder Seite in die Flüssigkeiten tauchte, so entstand augenblicklich ein el. Strom, dessen Richtung nach der Abweichung der Magnetnadel zu schliefsen (als einseitiger Strom aufgefafst) von dem Alkali zur Säure, von dieser zum Platin und von diesem durch den Multiplicator wieder zum Platin und Alkali zurückging, oder wie sich Becquerel ausdrückt, von positiver E., welche von der Säure, und von negativer, welche vom Alkali zum Multiplicator ging, abhing, und einzig und allein der chemischen Wirkung der Säure auf das Alkali und umgekehrt zuzuschreiben seyn soll. Diese Versuche Becquerel's, welche ich einen Augenblick unangefochten lassen will, kommen der Theorie Ritter's von der Entstehungsweise der galvanischen Action dadurch noch besonders zu Hülfe, dafs sie zu beweisen scheinen, dafs die el. Erregung, welche von der chemischen Thätigkeit abhängt, gerade die entgegengesetzte von derjenigen ist, welche die Körper durch ihre blofse Berührung auf einander ausüben, indem da, wo der Strom durch die chemische Thätigkeit bestimmt wird, die Säure die positive E. empfängt, oder sich derselben bemächtigt, die Basis dagegen, oder das Metall, die negative, während, wenn keine chemische Action statt findet, die Säure vielmehr die negative E., die Basis oder das Metall aber die positive E. aufnimmt, wie die Versuche mit dem Condensator beweisen.

Diese Resultate, welche Becquerel aus seinen Versuchen zieht, scheinen, wie gesagt, einigermafsen der chemischen Theo-

rie des Galvanismus durch Ritter zu Hülfe zu kommen. Nach Ritter sollen nämlich alle Leiter oder Erreger sowohl der ersten als zweiten Classe zusammen eine große Spannungsreihe mit einander bilden, für welche dasselbe Gesetz gelte, welches oben (Nr. 19.) nach directen Versuchen bloſs für die eine Classe aufgestellt worden ist, und sofern sie bloſs nach dem Gesetze dieser einen ersten Spannungsreihe in Ketten zusammentreten, sollen sie wegen des vollkommenen Gleichgewichts der Spannungen oder Spannungsunterschiede (Impulsionen im Volta'schen Sinne) nach den entgegengesetzten Seiten, jenem Gesetze der Reihe gemäſs, keine Action geben. So lange die Körper nicht chemisch auf einander wirken, soll dieses Spannungsgesetz bestehen. So erkläre sich also, warum Ketten aus bloſs trockenen Erregern, oder auch Erreger aus beiden Classen, die aber keine chemische Wirkungen auf einander ausüben, unwirksam seyen. Durch den chemischen Proceſs werde die nach den Gesetzen der ersten Reihe bestehende el. Spannung oder Erregung in die entgegengesetzte verwandelt, damit das Gleichgewicht der Spannungen aufgehoben, indem dann die Körper nach dem Gesetze beider Spannungsreihen mit einander beisammen wären, und damit der el. Strom zu Stande gebracht sey. Im chemischen Processe soll sich immer die eine E. auf Seiten des Leiters der ersten Classe, an welchem immer ein und derselbe Proceſs der Oxydation, und die entgegengesetzte E. an dem Leiter der zweiten Classe, an welchem immer Hydrogen auftritt, lagern. Diese E. ist die umgekehrte von derjenigen, welche nach dem Spannungsgesetze ohne chemischen Proceſs, jenem welches die *Leiter alle* unter eine groſse Reihe zusammenfaſst, in dem zweiten Leiter aufgetreten wäre; sie schwächt nicht bloſs diese, sondern hebt sie auf, und erhält selbst ein Uebergewicht. Stets wird das Wasser, und so jeder Leiter der zweiten Classe durch sein Wasser, womit es der Leiter der ersten Classe immer *zunächst* zu thun hat, positiv el., sofern nämlich Hydrogen an ihm auftritt, der Leiter erster Classe, an welchem Oxygen auftritt, negativ el. werden, und stets ist diese Lagerung der Elektricitäten die umgekehrte von derjenigen, welche die beiden Körper, ohne chemischen Proceſs, wenigstens ohne einen solchen Oxydationsproceſs, annehmen, denn nur so kann die Spannung der beiden Leiter der ersten Classe überwiegend werden. Die positive Spannung, welche mit den oxydirbarsten Metallen am stärksten am Wasser

auftritt, und schwächer und schwächer, je näher die Metalle dem negativen Ende zu liegen, wie auch aus Volta's Versuchen erhelle, beweise am deutlichsten, dafs diese Spannung nicht nach dem Gesetze der ersten Reihe gesetzt sey, nach welchem das Wasser vielmehr mit allen Metallen negativ und um so negativer werde, je oxydabler diese sind[1].

Man wird nicht erwarten, diesen physikalischen Roman in diesem Wörterbuche noch ausführlicher dargestellt zu sehen, vielmehr ist es besser, den etwa noch nicht befriedigten Leser auf die Schrift selbst zu verweisen, und die bisher ohne weitere Prüfung mitgetheilten wichtigsten Gründe, auf welche diese Theorie sich stützt, jetzt näher zu beleuchten, und zwar um so mehr, da noch andere, wenn gleich in ihrer weiteren Ausführung von Ritter's Theorie wesentlich abweichende, Ansichten auf den gleichen Grund gebaut sind, mit dessen Wegräumung diese dann von selbst über den Haufen fallen.

61. a. Es ist bis jetzt wenigstens durch keinen entscheidenden Versuch bewiesen, dafs der chemische Procefs an und für sich und als solcher, Elektricitätserregung zur Folge habe, am wenigsten eine solche, aus welcher die Entstehung eines el. Stroms, wie er durch alle Erscheinungen einer wirksamen Kette angedeutet wird, begreiflich wäre. Die früheren Versuche Davy's mit vollkommen negativen Ausschlage sind bekannt[1], welchem zufolge beim Verbrennen keine Spur von E. sich entwikkelt. Das im Sauerstoffgase verbrennende Eisen theilte dem condensirenden Elektrometer keine merkliche el. Ladung mit. In den Fällen von Auflösungen, besonders wenn dieselben mit vieler Wärme begleitet sind, werden zwar metallene Gefäfse, deren man sich bedient, negativ el.; allein diese E. hängt von der Verdampfung ab, unabhängig von einem chemischen Processe, denn bei Auflösungen von Metallen in Chlor, wo keine Gasentwickelung war, zeigte der Condensator keine Spur von E., und jene Gefäfse werden auch ohne allen begleitenden chemischen Procefs durch blofse rasche Verdunstung des Wassers eben so negativ. Neuerlich hat Davy, in besonderer Beziehung auf jene oben angeführten Versuche Becquerel's, Erfahrungen bekannt gemacht,

1 Vergl. das el. System S. 61. ff.

2 Gehl. Journ. V. 52.

die dasselbe Resultat geben. Sie sind im Wesentlichen folgende [1]. Salpeter verhält sich in Berührung mit den edeln Metallen so gut wie neutral und zeigt weder merkliche positive noch negative E. Bringt man nun eine mit dem einen Ende des Multiplicators verbundene Platinplatte in eine Auflösung von Salpeter und eine mit dem andern Ende verbundene Platinplatte in concentrirte Salpetersäure, und macht die Verbindung zwischen beiden Flüssigkeiten durch einen mit Salpeterauflösung befeuchteten Asbestfaden, so entsteht ein starker el. Strom, der (im Franklin'schen Sinne) von dem Salpeter zum Platin geht, oder das in die Salpetersäure eintauchende Platin zeigt sich, wie Davy sich ausdrückt, negativ. Nimmt man statt der Salpetersäure eine Auflösung von Kali, so findet ein entgegengesetzter Strom vom Kali zum Platin statt. Im ersteren Falle betrug die Abweichung der Magnetnadel 60°, im zweiten Falle 50°. Wurden nun Säuren und Laugensalz zugleich genommen und durch einen mit Salpeter befeuchteten Asbestfaden mit einander verbunden, so zeigte die Magnetnadel 60° Abweichung. Hier war keine chemische Action, da die Säure und das Laugensalz nicht auf einander wirken konnten, und keine von beiden Substanzen mit dem Salpeter einen chemischen Procefs eingeht, sondern die Action hing wesentlich nur von der el. Erregung in der Berührungsfläche des Platins mit der Säure und dem Laugensalze ab, die in gleichem Sinne auf beiden Seiten statt findend verstärkt werden mufste. Nun wurde ein trockener Asbestfaden substituirt, die Säure und das Laugensalz wurden durch Capillarität angezogen, es entstand starke Hitze; aber nun war die Wirkung vielmehr schwächer, als im vorigen Falle; sobald aber die Verbindung im Faden vollständig geschehen war, zeigte die Nadel wieder dieselbe Abweichung, zum Beweise, dafs durch die Combination von Säure und Laugensalz nicht irgend mehr E. erzeugt worden war, als wenn ihre Wirkung durch Salpeter vermittelt wurde. Kleesäure, von welcher Davy gefunden, dafs sie unter der stärkeren Säure am wenigsten stark auf das Platin einwirke, wurde eben so mit Kali in Wechselwirkung gebracht. Wurde diese durch kleesaures Kali vermittelt, so war die Abweichung 7° bis 8°, und als sie durch den Asbestfaden capillarisch ange-

1 Ph. Tr. 1826. a. a. O.

zogen unmittelbar auf einander einwirkten, war die Wirkung nicht stärker. Aehnliche Versuche gaben stets gleiche Resultate. In einer Anmerkung zu dem oben angeführten Versuche Becquerel's, wo bei der Verbindung der in zwei Porcellankapseln enthaltenen Säure und alkalischen Auflösung durch ein Platinblech sich keine Spur von Wirkung zeigte, äufsert der Herausgeber von Schweigger's Journal [1], dafs wenn Becquerel statt des Platinstreifens einen Messing-, Kupfer- oder noch besser einen Zinkstreifen zur Verbindung der Gefäfse, aber dem entsprechend auch Messing-, Kupfer- oder Zinkdrähte an den Enden des Multiplicators angewandt hätte, er Wirkung erhalten haben würde. Da nämlich die Bedingung der geschlossenen elektrochemischen Kette die Polarität eines jeden Gliedes sey, so habe Platin, weil es unangegriffen blieb, nicht anders als isolirend unter den vorliegenden Bedingungen für die elektropolarische Strömung wirken können, wobei an Jäger's Säule erinnert wird, in welcher jeder feuchte Leiter durch ein zwischengelegtes, am Rande trockenes, Goldstück getrennt wurde, und die eben darum zwar elektroskopisch, aber nicht chemisch wirkte. Wenn eine solche Combination, wie sie oben angerathen ist, eine wirksame Kette gäbe, so würde dadurch das wichtigste Gesetz, auf welches die Volta'sche Theorie baut, das der *Unwirksamkeit symmetrischer Ketten*, über den Haufen geworfen werden. Denn in der That ist eine Kette aus Zink, Kali, Zink, Säure, Zink, eine symmetrische Kette, Fig.
da sie sich in zwei gleiche und ähnliche Hälften theilen läfst, 120.
aber wirklich ist diese Kette eine gänzlich unwirksame, wie ich sowohl durch die Magnetnadel mit Hülfe des Multiplicators, als auch durch Anwendung von Froschpräparaten mich überzeugt habe. Auch jener oben angeführte Versuch Becquerel's über die Entstehung eines el. Stroms durch das Zutröpfeln einiger Tropfen Salzsäure in Salpetersäure, in welcher ein Goldstreifen eingetaucht ist, beweist eben so wenig für die Entstehung desselben durch den chemischen Procefs an und für sich, denn es ist klar, dafs in diesem Falle die vorher vorhandene Kette aus Platin, Salpetersäure, Platin, welche unwirksam seyn mufs, in die Kette: Platin, salzsaure Goldauflösung, Salpetersäure, Platin, verwandelt wurde, in welcher durch blofse

1 Schweigg. Journ. XVI. 156.

elektromotorische Einwirkung der Glieder auf einander ein el. Strom entstehen mufs, wo also der chemische Procefs nicht die nächste und unmittelbare, sondern die mittelbare Ursache des Stromes ist.

Becquerel hat zwar neuerdings wieder Versuche bekannt gemacht, durch welche er seine Behauptung von der Erregung el. Strömungen durch die chemische Wechselwirkung der Körper zu rechtfertigen gesucht, und den durch Davy geführten Gegenbeweis zu entkräften gesucht hat [1], aber wie mir scheint, auf eine ganz ungenügende Weise. Er behauptet, Davy habe durch die chemische Einwirkung von Säure und Laugensalz darum keine Spur von E. erhalten, weil er sich zur Fortleitung der Platinbleche und einer Auflösung eines Neutralsalzes bedient habe, welche dazu nicht fähig seyen. Davy soll nämlich die beiden Platinbleche, welche mit den Enddrähten des Multiplicators verbunden waren, jedes in eine mit einer Auflösung des Neutralsalzes (des Salpeters) gefüllte Porcellanschale getaucht, zwischen diese zwei andere Schalen, wovon die eine Säure, die andere eine alkalische Auflösung enthielt, gestellt, und die Verbindung zwischen den beiden mittleren Gefäfsen durch einen Amianthstreifen gemacht habe. Dieses war allerdings die eine Art, wie Davy seine Versuche angestellt hat, aber keinesweges die für ihn am meisten entscheidende, sondern jene andere, wo die Platinbleche einerseits in die Säure, andererseits in das Laugensalz unmittelbar eintauchten, und gegen welche Becquerel's Einwurf wegfällt. Becquerel änderte jenen Versuch dahin ab, dafs er, statt der beiden andern Porcellankapseln, Platin-Gefäfse anwandte, um die entwickelte E. so viel möglich anzusammeln, sie mit Salpetersäure oder Salzsäure füllte, in die beiden mittleren Kapseln die Säure und die alkalische Auflösung brachte, und dann die erste und zweite, und die dritte und vierte Kapsel durch gekrümmte Röhren von einem sehr kleinen Durchmesser, wovon die erstere mit derselben Säure, wie die Kapseln und die zweite mit einer sehr schwachen Kochsalz- oder Salpeterauflösung gefüllt war, mit einander verband. Die beiden mittleren Kapseln communicirten durch einen Amianthstreifen, der durch seine Capillarität die Flüssigkeiten anzog, die dann chemisch auf ein-

1 Annales de Chimie Juin 1827. p. 113.

ander wirkten. Mit Salpetersäure und einer Auflösung von Natron erhielt er gleich anfangs eine Abweichung von 6 bis 7° und wenn er die Intensität der chemischen Action vermehrte, indem man Stücke von kohlensaurem Natron in die Auflösung dergestalt brachte, dafs sie die Säure berührten, so ging die Abweichung bis auf 15° und selbst noch weiter. Die Richtung des Stromes deutet an, dafs sich die Säure der positiven E. bemächtigte, ein demjenigen gerade entgegengesetztes Resultat, welches die blofse Berührung der analogen Körper ohne chemische Action giebt. Die Versuche mit Schwefelsäure und Salzsäure führten zu den nämlichen Folgerungen, doch folgte im Augenblicke des Beginnens der Wirkung der Strom öfters einer entgegengesetzten Richtung. Verstärkte er aber die Intensität der Wirkung auf die obige Weise, so verwandelte sich dieser Strom durch allmälige Abnahme und Null hindurch in den entgegengesetzten. Denselben Erfolg erhält man auch, nur in einem geringeren Grade, mit den Metalloxyden, wobei man in die Kapsel, welche in den obigen Versuchen die alkalische Auflösung enthielt, eine Salzlösung giefst und über den Amianthstreifen, welcher mit der anderen, die Säure enthaltenden Kapsel communicirt, das Oxyd verbreitet.

Gegen alle diese Versuche läfst sich nur einwenden, dafs der el. Strom auch schon durch die blofse Berührung der verschiedenen Flüssigkeiten mit einander erregt werden konnte, ohne denselben nothwendig der chemischen Action zuschreiben zu müssen. Bei der etwas complicirten Art, wie Becquerel verfuhr, fanden eigentlich 5 Berührungsgrenzen und damit 5 Impulsionen statt, nämlich des Platins auf beiden Seiten mit der Säure, die sich aufheben mufsten, dann der Säure mit dem Laugensalze, das letztere mit der schwachen Kochsalzauflösung und dieser mit der Säure, und diese drei letzten Impulsionen konnten allerdings durch ihre wechselseitige Ausgleichung jene bestimmte Strömung gaben.

b. Es ist eben so wenig erwiesen, dafs Ketten, in welchen nicht auch im ungeschlossenen Zustande schon ein chemischer Procefs zwischen wenigstens zwei Gliedern derselben statt gefunden haben würde, unwirksam seyen, wenn auch sonst ihre Construction von der Art seyn sollte, dafs nach blofs elektromotorischen Verhältnissen ein solcher Strom eingetreten seyn würde. Ritter's oben angeführte Ketten geben wenig-

stens dieses Resultat nicht. Er selbst bemerkt, dafs Davy bereits aus zehn Abwechselungen von Silber, Gold und verdünnter Salzsäure Geschmack und schwache Wasserzersetzung erhalten habe, er meint aber, dieser Erfolg habe davon abgehangen, dafs das Gold und Silber nicht in vollkommen reinem Zustande angewandt worden seyen, während er seine Versuche, die einen negativen Ausschlag gegeben, mit 16 löthigem Silber und 24 karatigem Golde angestellt habe. Indefs auch das mit etwas Kupfer versetzte Gold und Silber werden von verdünnter Salzsäure eben so wenig angegriffen, als die reinen Metalle. Davy [1] erhielt ferner durch Combinationen von reiner Salpetersäure, Wasser und Platin, so wie von eben diesem Metall, Kali oder Natronlauge und Wasser einen starken el. Strom, das Platin wurde mit ersterer negativ, mit letzterem positiv, ungeachtet diese Flüssigkeiten nicht chemisch auf das Platin wirken. Auch Rhodium, Iridium und Gold wirken in Combinationen mit Säuren und Alkalien, die doch keine chemische Action auf sie ausüben, gleich dem Platin. Berzelius hatte gleichfalls früher zum Erweise einer ähnlichen chemischen Theorie und als Haupteinwurf gegen Volta's Theorie die Behauptung aufgestellt, dafs, wenn auch alle von der Volta'schen Theorie geforderten Bedingungen vorhanden seyen, doch keine el. Action, kein el. Strom statt finde, wenn in der Säule, wegen der besondern Umstände, unter denen sich der feuchte Zwischenleiter befände, so wie wegen seiner besondern Beschaffenheit, keine chemische Action eintreten könne, und diesen Einwurf auf eine Säule aus Zink, Kupfer und Pappe, die mit einer gekochten und völlig gesättigten salzsauren Zinkauflösung getränkt war, gestützt, die unter mit Wasserstoffgas oder Stickgas gefüllten Glocken keine Spur von Wasserzersetzung gab [2]. Ich habe indefs solche Säulen in den ersten Stunden sehr wirksam gefunden, und dafs sie früher in ihrer Wirkung nachlassen, davon kann die Volta'sche Theorie hinlängliche Rechenschaft durch die Absetzung von Zinkmetall auf dem Kupfer geben, indem letzteres sich auf beiden Seiten mit Zink in Berührung befindet, wodurch zwei gleiche, einander entgegengesetzte, und sich eben deswegen aufhebende, Impulsionen gegeben sind.

1 Ph. Tr. 1826. S. 401. 402.

2 Schweigg. X. 191. 192.

Davy's neueste Versuche [1], welchen zufolge auch mit Ausschlufs alles Wassers ein kräftiger el. Strom erregt werden kann, indem Combinationen von Platin, Zink und geschmolzener Bleiglätte oder geschmolzenem chlorsauren Kali eine sehr starke galvanische Action geben, stimmen eben so wenig mit der Behauptung Ritter's, dafs ohne Wasserzersetzung eine solche nie zu Stande komme, und der flüssige Leiter stets nur vermöge seines Wassergehalts wirksam sey, überein. Hierzu kommen noch als ganz entscheidende Gegenbeweise gegen die Abhängigkeit des el. Stromes von irgend einem chemischen Processe die *thermomagnetischen* Versuche, welche die Erregung eines eben so kräftigen el. Stromes als in Ketten, in welchen der lebhafteste chemische Procefs statt findet, in Ketten aus blofs trockenen Erregern durch blofse Ungleichheit der Temperatur und davon abhängige Umänderung der Spannungsreihe ohne alle chemische Wechselwirkung, aufser allen Zweifel gesetzt haben.

c. Insbesondere wird auch der Satz, dafs der positive Pol an demjenigen Gliede auftrete, an welchem auch aufserhalb der Kette der stärkste Oxydationsprocefs oder dieser allein mit dem flüssigen Leiter sich vorfindet, unter welcher besondern Modification die chemische Theorie von einigen Physikern vertheidigt worden ist, durch entscheidende Versuche widerlegt. Hierher gehört vorzüglich ein von Berzelius [2] angestellter Versuch, durch welchen allein schon dieser scharfsinnige Naturforscher veranlafst wurde, seine frühere Annahme von der Abhängigkeit der Elektricitätserregung von dem chemischen Processe aufzugeben, und welchen ich des Zusammenhangs wegen aus den mit der Säule angestellten Versuchen anticipire. Man giefse auf den Boden eines jeden Bechers des sogenannten Volta'schen *Becher-Apparats* ätzende Kalilauge, auf diese Salpetersäure, jedoch mit Vorsicht, damit sich beide Flüssigkeiten nicht mit einander vermischen. Die Elektromotoren selbst sind eine Zinkkugel, welche auf dem Grunde des Bechers sich befindet und ein daran gelötheter Kupferdraht, welcher umgebogen einen Zoll in die Flüssigkeit des andern Bechers

1 a. a. O. S. 406.

2 G. XVIII. 203. und Berzel. Lehrbuch der Chemie von F. Wöhler I. S. 153.

taucht; das Zink befindet sich in der Kalilauge, das Kupfer in der Säure, von welcher es nach und nach oxydirt und aufgelöst wird, während das Zink im Alkali nicht angegriffen wird. Wäre nun die Oxydation der primus motor der E., so würde bei Entladung der Säule die positive E. am Kupfer, die negative am Zinke auftreten müssen, d. h. die Metalle müfsten die umgekehrte E. besitzen, die sie in Folge der bloſsen Berührung mit einander zeigen. Läſst man aber die Säule sich wirklich laden, so hört die Oxydation des Kupfers in der Säule augenblicklich auf, das Zink oxydirt sich sichtbar, und in der Gasentbindungsröhre tritt am Kupferpole Hydrogen, am Zinkpole Oxygengas auf. Dasselbe beweisen im Grunde auch schon die früher von Davy aus einem Metalle und zwei Flüssigkeiten erbauten Säulen[1], daſs nämlich der positive Pol nicht an die Stelle gebunden ist, wo auch in der ungeschlossenen Kette die Oxydation hinfällt, sondern daſs die Vertheilung der EE. sich lediglich nach dem elektromotorischen, von der chemischen Action unabhängigen, Verhalten der einzelnen Kettenglieder gegen einander richtet. So fiel in Säulen aus Zinn, verdünnter Salpetersäure und Wasser, mit welchen beiden Flüssigkeiten Tuchscheiben getränkt waren, nicht der + Pol nach derjenigen Seite des Zinns, welche mit der Säure in Berührung stand, sondern vielmehr der — Pol, und das Hydrogen erschien an demjenigen Drahte, welcher nach dieser Seite gekehrt war. Noch auffallender zeigte sich dieses in Säulen aus Zink, verdünnter Salpetersäure, schwefelsaurem Kali, und schwacher Auflösung von Schwefelleber, in welcher der Oxygenpol nach der Seite des Zinks hinfiel, welche mit der *Schwefelleber* in Berührung stand, der Hydrogenpol dagegen nach derjenigen Seite, auf welche die Salpetersäure einwirkte, und die doch offenbar diejenige ist, die in der ungeschlossenen Kette sich allein oxydirt. Eben so verhalten sich Säulen aus Kupfer oder Silber und denselben Flüssigkeiten, die schon mit 12 Lagen kräftige Wirkung in der Gasröhre zeigen. Nach den bloſsen elektromotorischen Verhältnissen sind die kräftigen Wirkungen solcher Ketten und Säulen leicht zu begreifen, da (um hier die Sprache der Volta'schen Theorie zu gebrauchen) der el. Strom von dem Metalle zur Schwefelleber

1 G. XI. 388.

geht, indem diese mit jenem positiv wird, und von der Säure zum Metalle, welches durch jene positiv erregt wird, beide Flüssigkeiten sich also in ihrer elektromotorischen Wirkung wechselseitig unterstützen, den Oxygenpol aber stets auf dasjenige Metall, oder diejenige Hälfte des Metalls in Ketten, welche nur aus einem einzigen und zwei Flüssigkeiten bestehen, fällt, von wo die E. ausgeht, der Hydrogenpol hingegen dahin, wo die E. einströmt.

d. Es läfst sich eben so wenig behaupten, dafs die Action in der Kette ihrer Stärke nach gleichen Schritt halte mit der Stärke der chemischen Action, wie sie auch schon aufserhalb der Kette zwischen je zwei Gliedern derselben statt findet. Zu den oben angeführten Erfahrungen, auf welche Ritter diese Behauptungen gestützt hat, könnte man noch neuere Erfahrungen, die bei Gelegenheit des Elektromagnetismus angestellt worden sind, hinzufügen, namentlich die von Poggendorff und Seebeck bekannt gemachten [1], es stehen ihnen aber andere Erfahrungen offenbar im Wege. So fand ich namentlich die gesättigte schwefelsaure Zinkauflösung als Zwischenglied einer Zinkkupferkette viel wirksamer als eine gesättigte schwefelsaure Eisenauflösung und selbst als mit 10 Theilen Wasser verdünnte Schwefelsäure [2], ohngeachtet mit ersterer eigentlich gar keine chemische Action statt finden kann. So erhielt Hare die gröfste Wirkung mit seinem einfachen Calorimotor nicht, wenn er denselben in säuerliches, sondern in alkalisches Wasser eintauchte [3]. Betrachtet man auch die von Marianini aufgestellte Tabelle für das verschiedene Leitungsvermögen verschiedener Flüssigkeiten, die als Zwischenglieder in der einfachen Kette angewendet wurden, so ergiebt sich leicht, dafs die dadurch dargestellte Stufenfolge wenigstens auf keinen Fall die Stufenfolge der chemischen Wirksamkeit ist, welche diese verschiedenen Flüssigkeiten auch aufserhalb der Kette mit den Metallen zeigen, und dafs also die Verstärkung des el. Stromes wenigstens nicht gleichen Schritt mit der Verstärkung der chemischen Action hält, denn sonst müfste man annehmen, dafs schwefelsaures Kupferoxyd eine stärkere chemische Action ausübe als Schwefelsäure und Salz-

1 Vergl. meine Schrift: Der Elektromagnetismus 1824. S. 79 ff.
2 a. a. O. S. 83.
3 G. 1822. II. 126.

säure; Kleesäure eine stärkere als Salzsäure; salzsaures Platin und Quecksilber eine stärkere als alle Säuren u. s. w., was doch mit den gewöhnlichen chemischen Versuchen im Widerspruche steht. Die gröfste Schwierigkeit für die Volta'sche Theorie, welche den Einflufs des flüssigen Leiters hauptsächlich auf das verschiedene Leitungsvermögen desselben bezieht, und den entscheidendsten Beweis zu Gunsten derjenigen Theorieen, welche die Elektricitätserregung an die chemische Action des flüssigen Leiters knüpfen, scheint die Schwefelsäure in ihren verschiedenen Graden von Concentration und Verdünnung darzubieten, indem die Verstärkung des el. Stroms in Ketten aus Zink, Kupfer und Schwefelsäure bis zu einer gewissen Grenze mit der Verdünnung derselben durch Wasser zunimmt, womit die chemische Action derselben auf das Zink wächst, die Leitungsvermögen für E. dagegen abnimmt. Indefs erklärt sich dieses Verhalten im Sinne der Volta'schen Theorie einigermafsen aus dem verschiedenen elektromotorischen Verhalten der concentrirten und verdünnten Schwefelsäure gegen Zink, indem jene mit dem Zinke negativ, und zwar in einem nicht geringen Grade, wird und folglich von der Wirkung der Impulsion von Kupfer gegen das Zink soviel aufhebt als ihre eigene entgegengesetzte Impulsion (etwa $\frac{1}{4}$ von jener [1]) beträgt, während die verdünnte Schwefelsäure mit dem Zinke positiv wird, und folglich zu der Impulsion, welche das Kupfer gegen das Zink ausübt, noch diejenige hinzukommt, welche das Zink auf die verdünnte Schwefelsäure ausübt, und in diesem Verhältnisse der el. Strom verstärkt werden mufs, die el. Impulsion des Kupfers gegen die Schwefelsäure in beiden Fällen aber sehr schwach ist.

e. Was endlich die Behauptung Ritter's von einer *Umkehrung* der el. Polaritäten, die nach dem Gesetze der ersten Spannungsreihe statt finden, in Folge des chemischen Processes betrifft, so habe ich schon oben (Nr. 25) den Ungrund derselben hinlänglich bewiesen, und Becquerel's neueste Versuche sind wohl rein genug, um zum Beweise derselben dienen zu können.

62. Auch Davy schreibt dem chemischen Processe einen wesentlichen Antheil an der galvanischen Action zu, aber nicht

1 Vergl. meinen Aufsatz über das Verhalten der feuchten Leiter u. s. w. in Gehlen's J. V. 102.

sowohl zur eigentlichen Erregung der E. als vielmehr zur steten Wiederherstellung der Bedingungen für diese Erregung. Er findet nämlich eine durch die Grundsätze der Volta'schen Theorie ganz unauflösliche Schwierigkeit in jener gänzlichen Hemmung des el. Stromes einer einfachen, sonst sehr wirksamen Kette, wenn der feuchte Leiter durch ein Metall, welches am positiven Pole der Volta'schen Säule nicht oxydirbar ist, wie durch Platin, Gold, Palladium, Tellurium, unterbrochen ist. Dieser Erfolg erkläre sich dagegen von selbst aus der elektrochemischen Theorie, nach welcher die Zerstörung der positiven Oberfläche durch das chemische negative Agens als nothwendige Bedingung betrachtet wird, weswegen dann auch diese totale Isolation der Kette aufhört, und der Strom wieder eintritt, wenn das dem negativen Metalle (dem Platin) gegenüberstehende Ende des Platins oder Tellurs, welches den flüssigen Leiter unterbricht, in verdünnte Salpetersalzsäure taucht. Es erhelle aus diesen Versuchen, zusammengehalten mit andern Erfahrungen, daſs in Volta'schen Combinationen (einfachen Ketten) keine Anhäufung von E. statt finden könne, es existiren denn die gleichen oder ähnlichen Bedingungen chemischer Veränderung in diesen Ketten, und daſs unter anderen Bedingungen die in einzelnen Ketten erzeugte Thätigkeit (der el. Erregung) entweder zerstört oder vermindert werde, nach Maſsgabe der entgegenwirkenden Beschaffenheit oder des Mangels an Leitungsvermögen der Kette der zwischen befindlichen Körper [1]. So werde die Thätigkeit einer einfachen Kette aus Zink, Platin und einem flüssigen Leiter, wie z. B. einer Säure, durch Unterbrechung des flüssigen Leiters zermittelst einer ähnlichen Combination von Zink und Platin verdoppelt, vermittelst eines Platinbogens gänzlich zerstört und durch einen Bogen von Zink vermindert und zwar um so mehr, durch je mehrere solcher Bogen die Unterbrechung geschehe. Immer streben die chemischen Veränderungen dahin, das el. Gleichgewicht wieder herzustellen, welches durch die Berührung der Metalle unter einander in den Flüssigkeiten gestört wurde.

Aber, frägt man, warum ist der chemische Proceſs eben hier die nothwendige Bedingung zur Wiederherstellung des zerstörten el. Gleichgewichtes, da wir in so vielen andern Fällen

1 Phil. Trans. 1826. p. 411.

das el. Gleichgewicht sich auch ohne chemischen Procefs und ohne Dazwischenkunft eines flüssigen zersetzbaren Leiters wieder herstellen sehen? Warum erfolgt in der thermoelektrischen Kette diese Wiederherstellung fortdauernd, und bedingt dadurch die immer wiederkehrende Störung dieses Gleichgewichts und damit die el. Strömung ohne allen chemischen Procefs? Was wird überhaupt deutlicher aus der elektrochemischen Theorie, nach welcher die Zerstörung der positiven Oberfläche durch das negative chemische Agens als nothwendige Bedingung betrachtet wird? In jenem Verhalten eines nicht oxydirbaren Metalls, wie des Goldes, Platins u. s. w. als Zwischenleiters, welcher den flüssigen Leiter unterbricht, liegt allerdings etwas dunkles, was indefs durch jene Erklärung Davy's, die im Grunde nichts als ein anderer Ausdruck für das Phänomen selbst ist, auf keine Weise aufgehellet wird. Auch scheint mir diese Sache durch den von Schweigger [1] gebrauchten Ausdruck, dafs jede Kette durch ein Glied, das nicht selbst der Polarität fähig sey, isolirt werde, nicht deutlicher gemacht, denn im Grunde ist damit gleichfalls nichts weiter, als die Thatsache selbst dargestellt. Sollten hier nicht gewisse *Leitungsverhältnisse* wesentlich im Spiele seyn? Marianini hat durch Versuche bewiesen [2] und vor ihm haben es die Ritter'schen Versuche mit Ladungssäulen schon zur Genüge dargethan, dafs der el. Strom vorzüglich dann retardirt werde, wenn flüssige mit festen Leitern abwechseln. Sollte nicht dieser Widerstand für den Uebergang der negativen E. aus dem flüssigen Leiter in den festen gröfser seyn, als für den Uebergang der positiven E., und dieser Uebergang erleichtert werden, wenn der Sauerstoff, welchen die negative E. mit sich führt, durch die Anziehung des oxydirbaren Metalls gegen denselben ihr entzogen wird? Sollten eben deswegen die mehr oxydirbaren Metalle, wie Zink, Zinn, Eisen, als unterbrechende Zwischenleiter die Wirkung darum weniger hemmen, wenn sie gleich dieselbe immer auch noch etwas schwächen? Sollte nicht ferner das an sich gröfsere Leitungsvermögen der mehr oxydirbaren Metalle (sofern ich hierin auf Ritter's Versuche mich stütze) für E. ihnen diesen Vorzug verschaffen? Eine absolute Hemmung oder Isolirung durch Gold oder Platin findet doch

1 Dessen Journal N. R. XIV. 157.

2 Poggendorff's Ann. IX. 165.

auf keinen Fall statt, wie aus den oben (Nr. 36) angeführten Versuchen erhellet, und wie auch aus dem Gradativen in der Schwächung der Wirkung durch die verschiedenen Metalle hervorgeht. Diese Betrachtung des verschiedenen Verhaltens der verschiedenen Metalle führt uns noch zu einer kurzen Darstellung von Jaeger's Theorie, die darauf im Wesentlichen gebauet ist.

63. Jäger wurde auf seine Erklärung durch jene oben (Nr. 40.) näher beschriebene merkwürdige Einwirkung der Metalle auf reagirende Pigmente geleitet. Diese Versuche beweisen ihm zufolge das Entstehen von zwei verschiedenen in ihrer chemischen Reaction erkenntlichen Stoffen, die sich unter und neben einander auf der Fläche des mit dem feuchten Leiter in Contacte stehenden Zinks (so wie der andern relativ mehr positiven Metalle) bilden, und sich so durch den feuchten Körper verbreiten, daſs die alkalische Färbung in diesem den blank gebliebenen Stellen des Zinks, die saure Färbung aber den oxydirten Stellen desselben entspricht. Da nun nach Volta's Versuchen das Zink in Beziehung auf den feuchten Leiter negativ, dieser aber positiv el. wird, so lasse sich annehmen, daſs diese beiden EE. aus dem feuchten Körper einen *säurenden* und einen *alkalischen* Stoff abtrennen, deren einer, nämlich der alkalische, in der positiven E. aufgelöst werde, indeſs sich der andere, der säurende, mit der negativen E. verbinde, und sich gleichsam darin auflöse. Diesen Auflösungen schreibt Jäger hypothetiſch folgende Eigenschaften zu, deren Annahme seiner Meinung nach, durch die Uebereinstimmung mit den Erscheinungen selbst gerechtfertigt werde [1].

a. Keine dieser Auflösungen soll eine chemische Wirkung auf die andere haben, sondern in jeder die Affinität, die ihr freier Grundstoff gegen den der andern zeigen würde, so gebunden seyn, daſs sich jene bloſs mechanisch unter die andere gemengt durch den feuchten Leiter vertheilt. b. Jede wird dagegen von der ihrem el. Auflösungsmittel entgegengesetzten freien E. angezogen und zersetzt, so daſs indem ihr el. Auflösungsmittel sich mit dieser freien E. verbindet, der säurende oder alkalische Stoff aus ihr niederfällt. Freie positive E. zerlegt also die negative el. Auflösung, und durch freie negative E. wird

1 G. XI. 316.

die positive Auflösung zerlegt. c. Jede wird von der mit ihrem el. Auflösungsmittel gleichartigen E. zurückgestofsen. d. Beide Auflösungen zersetzen sich, aber nur allmälig an Metallen und andern leitenden Substanzen, indem ihre el. Auflösungsmittel in diese leitenden Körper übergehen. Die Färbungen auf dem Zink und anderen analog wirkenden Metallen entstehen also hiernach aus dem Niederschlage der säurenden und alkalischen Substanzen, denen das Zink ihr el. Auflösungsmittel entzieht. Da sich die beiden EE. immerfort in dem Zinke vereinigen, so kann dieser Procefs beständig fortdauern, so lange noch el. Auflösungen vorhanden sind oder gebildet werden, auch kann das Zink eben darum keine el. Ladung annehmen, und der geringe Ueberschuss von — E der endlich in ihm wehrnehmbar wird, rührt vielleicht von der gröfseren Zerstreuung der + E durch Verdunstung der Flüssigkeit aus dem feuchten Körper her. In der einfachen geschlossenen Kette zersetzt das in Berührung mit dem andern Metalle (dem Volta'schen Fundamentalversuche, welcher gleichsam der zweite Grundstein dieser chemischen Theorie ist, gemäfs) positiv werdende Zink einen Theil der negativen Auflösung, dadurch wird seine E. wieder null und eben so geht es mit der negativen E. des Goldes (Kupfers oder überhaupt des negativen Metalls), indem sie einen Theil der positiven Auflösung zersetzt. So wechseln also in jedem Augenblikke Erregung und Wiederzerstörung der durch Erregung entstandenen E. mit einander ab, und das Resultat ist immer erneuerte Ladung des Zinks mit + und des Goldes mit — E und fortgesetzte Zersetzung beider el. Auflösungen mit ihrer sichtbaren Wirkung nämlich mit der getrennt auftretenden Niederschlagung derselben, und da sich nothwendig am positiv el. Zinke die Basis der negativ el. Auflösung niederschlagen mufs, und der Stoff, dessen Wirkung auf der Zinkfläche sichtbar wird, die Eigenschaften einer Säure hat, so folgt eben daraus, dafs die negativ el. Auflösung den säurenden Stoff zur Basis hat, so wie in der positiv el. Auflösung die alkalische Basis befindlich seyn mufs, die sich an dem Golde ansammelt. Wenn man blofs das Zink mit Gold und einem feuchten Körper verbindet, ohne das Gold zugleich mit dem feuchten Körper in Berührung zu setzen, und den ganzen Apparat isolirt, so kann die erregte + E des Zinks nicht auf die — E oder säurende Auflösung wirken, weil sie an der erregten — E des Goldes ein beständiges Gegengewicht fin-

det, indem VOLTA's Versuche gelehrt (?) haben, daſs die erregte E. des einen Metalls nur dann als freie wirkt, wenn die des andern Metalls beständig abgeleitet wird. Alles verhält sich also wie bei Anwendung des bloſsen Zinks. Verbinde man das Gold mit dem Erdboden, so werde die + E des Zinks allerdings freier werden, allein das Gold werde doch nicht in eben dem Maſse seine — E verlieren, als wenn sie sich beständig mit der ihr zuströmenden positiv el. Auflösung vernichten könne. Da die Versuche auch in diesem Fall bloſs die Einwirkung des einfachen Zinks zeigen, so müsse das Quantum dieser Verschiedenheit der Wirkung sehr beträchtlich seyn. Eine Zinkscheibe, welche zwischen den beiden Blättern des feuchten Leiters einer einfachen geschlossenen (indem nämlich das Gold und Zink durch einen Metallstreifen mit einander verbunden sind) Kette ZhG eingeschlossen ist (jener merkwürdige Fall, welcher gleichsam als ein Probierstein für die Richtigkeit einer Theorie angesehen werden kann) erzeugt auf ihren beiden Flächen el. Auflösungen. Das durch Erregung negativ el. Gold zieht die positiv el. Auflösung an, die sich zwischen ihm und dem eingeschlossenen Zink bildet, und stöſst die negativ el. Auflösung von sich ab. Eben so zieht das durch Erregung positiv el. Zink die negative Auflösung an, die sich zwischen ihm und dem eingeschobenen Golde bildet, und stöſst hingegen die positive Auflösung von sich ab. Man übersieht leicht, wie auf diese Weise zwei positive und zwei negative Niederschlage entstehen. Ist der feuchte Leiter der Kette durch ein Goldstück unterbrochen, so wird zwischen diesem und dem Golde der Kette keine el. Auflösung producirt. Das Gold der Kette kann also auch die an ihm erregte negative E. nicht abgeben, und das Zink befindet sich in der Lage, wie wenn es bloſs auf dem ableitend berührten Golde ruhte.

Diese Theorie vereinigt, wie man sieht, das Princip der Volta'schen Theorie mit dem Principe der chemischen auf eine scharfsinnige Weise, indem nach derselben die Wirkung der Metalle auf einander die E. zwar zunächst erzeugt, der fortdauernde Strom aber durch die beständige Anziehung und Ausgleichung mit den EE. der chemischen Auflösungen unterhalten wird, welche Auflösungen durch einen eben so beständig fortdauernden elektrochemischen Proceſs zwischen dem feuchten Leiter und dem relativ positiven Metalle immer neu gebildet und dargeboten werden. Da JÄGER

annimmt, dafs die el. Auflösung der säurenden und alkalischen Substanz von der, ihrem el. Auflösungsmittel entgegengesetzten, E. angezogen werde, so mufs er auch den Grundsätzen der Elektricitätslehre gemäfs zugeben, dafs ihre Elektricitäten selbst wenigstens einigermafsen freie Spannung haben und nicht gänzlich gebunden sind, dann aber müfsten sie sich selbst wechselseitig anziehen und neutralisiren, es könnten also die beiden Stoffe nicht getrennt von einander, sondern sie müfsten auf dem Zinke überall neutralisirt durch einander niederfallen. Es ist ferner nicht zu begreifen, wie in dem Versuche, wo das Zink, mit zwei reagirenden gefärbten Papieren über einander auf demselben, auf Gold liegt, welches selbst fortdauernd ableitend berührt wird, sich alles ganz auf die gleiche Weise verhält, wie wenn diese Combination sich auf einer Glasplatte befindet. Da im ersteren Falle das Ziuk seine positive E. fortdauernd abgeben kann, indem die sie bindende negative E. des Goldes fortdauernd abgeleitet wird, so müfste fortdauernd nur die negativ el. Auflösung des säurenden Stoffs zersetzt werden, und der Niederschlag des saurenden Stoffs bei weitem das Uebergewicht über den Niederschlag des alkalischen Stoffes erhalten, was doch nicht im geringsten der Fall ist. Da sich hierin kein Unterschied zeigt, man mag die Ableitung nach dem Erdboden auch noch so vollkommen machen, so ist dieses eine unauflösliche Schwierigkeit für die Theorie, da in dem Falle der geschlossenen Kette die Mitwirkung der correspondirenden negativen E. die Wirkung höchstens verdoppeln könnte. Selbst die Hemmung des el. Stromes durch eine den feuchten Leiter unterbrechende, am Rande trockene, Goldmünze, und des davon abhängigen galvanochemischen Processes des getrennten Auftretens der sauren und alkalischen Stoffe folgt nicht nothwendig, denn man sieht nicht ein, warum nicht die — E der obern Goldplatte durch das obere Blatt und die Goldmünze hindurch strömen und gegen die dem Zinke zugekehrte untere Fläche der interpolirten Goldmünze die + el. Auflösung anziehen und durch fortdauernde Neutralisirung ihrer E. den alkalischen Niederschlag an dieser untern Fläche hervorbringen sollte, während das Zink seinerseits durch seine + E die säurende Auflösung zersetzt, und auf seiner Fläche den säurenden Stoff ansammelt, so dafs, wenn auch nicht vier getrennt auftretende Niederschläge, doch wenigstens zwei entstehen müfsten. Endlich bleiben viele andere Erschei-

nungen nach dieser Theorie gänzlich unerklärt, namentlich die Wirksamkeit von Ketten aus Gold oder Platin mit einem noch mehr negativen Körper wie Graphit und einer Säure oder Schwefelleber, in welchem Falle keiner von den beiden trockenen Erregern zwei dergleichen Auflösungen zu erzeugen vermag, die Erscheinungen der Ketten aus bloſs einem Metalle und zwei Flüssigkeiten, und auſserdem ergeben sich noch Schwierigkeiten bei Anwendung dieser Theorie auf die Erklärung der Erscheinung der Säule, wovon unten die Rede seyn wird.

64. Eine ganz andere Gestalt, als alle bisher vorgetragenen Theorieen hat die dynamische Ansicht Pohl's [1], welche jene Vorstellungsarten von einem el. Strome, einer in einem beständigen Kreislaufe befindlichen el. Materie als grobsinnliche, das wahre Wesen dieses groſsen Naturlebens gänzlich verkennende Trugbilder verwirft, und die drei Classen von Erscheinungen, die hier vorkommen, als bloſse verschiedene Formen, Spannungen oder Intensitäten einer und derselben Naturthätigkeit darzustellen sucht, deren allgemeinste Gesetze durch die Erfahrung nachgewiesen, zugleich die höchsten Gesetze der Vernunft selbst seyn sollen.

Um den Vorgang in der dreigliedrigen Kette zu construiren, geht Pohl von dem durch directe Versuche von ihm entdeckten allgemeinen (oben Nr. 25. bereits näher beleuchteten) Gesetze aus, daſs die Metalle in zwei Classen zerfallen, wovon die eine mit allen feuchten Leitern positiv, diese damit negativ, die feuchten Leiter mit ihnen positiv werden. Zu der letzten Classe gehören die unedlen, oxydirbaren Metalle, zu der erstern die edeln mit Einschluſs des Kupfers, so wie die Schwefel-Metalle und die Metalloxyde, die selbst noch Erreger sind. Zwischen diesen beiden Classen von Erregern soll dagegen gerade das entgegengesetzte Verhalten statt finden. Es seyen nun die drei Glieder einer solchen Kette erst nach dem Schema der Linie an einander gereiht, d. h. das feuchte Glied F befinde sich im Contacte mit den beiden Erregern Z und K, ohne daſs Contact zwischen den letzteren statt findet (ZFK), so wird das F mit den differenten Tendenzen der Metalle selbst different, es richtet sich gegen das ursprünglich mehr oxydable negative Z, seinen aciden positiven Factor und gegen K, den basischen negati-

1 Der Proceſs der galv. Kette von G. F. Pohl. Leipzig 1826.

ven Factor. Diese entgegengesetzten Tendenzen, sofern sie durch die besondern trockenen Erreger gefördert sind, treten in der Form einer zweifachen Tendenz zum synthetischen Effecte des Chemismus, als eine zweifache el. Erregung hervor, indem das Z gegen F negativ, dieses gegen jenes positiv el. wird, während F gegen K negativ und letzteres gegen F wieder negativ wird, der feuchte Leiter selbst aber in lauter abwechselnde ent-
Fig. 121. gegengesetzt el. Schichten zerfällt, wie dieses die eigentliche Form der Fortpflanzung oder sogenannten Leitung der el. Thätigkeit durch den feuchten Leiter ist. In diesem Zustande läſst sich die Kette mit einer el. Verstärkungsflasche vergleichen, bei welcher F die Stelle des Glases einnimmt, Z und K die Belege bilden und welche aus eigener, innerer Erregungskraft auf der Seite des Z negativ, auf der andern des K hingegen positiv geladen ist. Im Augenblicke der Schlieſsung wird die geladene Tafel entladen, und wenn man will, entgegengesetzt geladen, aber nur für einen unendlich kleinen Augenblick, nach dessen Verlauf sie abermals wieder aus eigener innerer Kraft mit einer durch den Repuls der Reaction um so höheren Intensität von neuem geladen wird, um abermals eben so wieder entladen, und nach der Entladung wieder mit einer von neuem gesteigerten Intensität geladen zu werden, und so immer fort, so lange die Kette durch die Verbindung der Metalle zu einem organischen Ganzen in sich geschlossen ist. In der ungeschlossenen Kette war bereits das F gegen Z positiv und Z selbst negativ, d. h. in dem positiven F war die Tendenz sich gegen Z zu desoxydiren und den aciden Factor gegen dasselbe treten zu lassen, in dem negativen Z war dagegen die Tendenz sich zu oxydiren und den aciden Factor des F an sich zu ziehen versichtbart, eben so wie durch die Relation des negativen F gegen das positive K bei jenem die Tendenz, den basischen Factor abzustoſsen, bei diesem das Streben, ihn anzuziehen, sich offenbarte. In der geschlossenen Kette sehen wir vollkommen denselben Typus der Thätigkeit ausgesprochen, nur die anfängliche Tendenz jetzt zur reellen Thätigkeit gesteigert; der Elektrismus ist durch die entgegengesetzte Reaction in der Contactelektricität der Erreger zum Chemismus angefacht, so daſs das F gegen Z und K im analytischen Effect dirimirt, und der acide Factor von dem Z als dem negativ polaren, der basische von dem K als dem positiv polaren Metalle angezogen wird. So construirt dann Pohl durch

einen einzigen Zauberschlag Elektrismus, Chemismus und Magnetismus. Der Magnetismus ist ihm zufolge nichts anders als die allgemeine Tendenz der Masse zur Individualisation, oder insofern die letztere auf der unteren Stufe des Lebens durch den Chemismus der bipolaren Form des synthetischen und analytischen Effects vermittelt wird, ist er zunächst die Tendenz zur Diremtion, zum analytischen Effect des Chemismus, welche von innen heraus wirksam ist, und welche in der geschlossenen Kette durch den äufsern Reiz der Erreger realisirt ist. Nordpol ist jeder Punct in der Kette in der Richtung, in welcher die in ihr befindliche Flüfsigkeit als basisches, Südpol dagegen in derjenigen Richtung, nach welcher sie als acides aus sich hervorzutreten strebt, und so ist die Lage der Pole in der Kette durch die Vertheilung der Erreger, welche durch *ihren Reiz (!)* den chemischen Procefs hervorrufen, nach einer festen Regel bestimmt. Die Elektricität dagegen ist die Tendenz zum synthetischen Effect des Chemismus, die Wechselwirkung der Individuen, vermöge der ein Differentes durch die Gegenthätigkeit eines andern in das gemeinsame Streben zur Einheit nach der Seite der Totalität hin wieder zurückgezogen wird. So wie die universelle Tendenz des Magnetismus realisirt wird durch die Diremtion der einen Masse in ein acides und basisches, d. h. durch den analytischen Effect des Chemismus, so wird die individuelle Tendenz des Elektricismus realisirt durch die Neutralisation der differenten Stoffe, die allemal wie ein acides und basisches sich einander gegenüberstehen, d. h. durch den synthetischen Procefs des Chemismus. Die Elektricität ist insofern ein und dasselbe mit der chemischen Synthese, zu der sie sich, wenn es nicht dazu kommt, wie Tendenz zur That, wie ungeöffnete Knospe zur aufgeschlossenen Blüthe verhält. Ein Körper ist positiv el., heifst: in ihm ist der mit der Thätigkeit der Oxygens gleichartige Trieb zur Abstofsung des aciden und zur Anziehung des basischen angeregt; er ist negativ el., heifst: er besitzt die mit der Thätigkeit des basischen Princips gleichartige Anregung zur Abstofsung des Basischen und Anziehung des Aciden. In der geschlossenen Kette wird jedes magnetische Moment als von dem zunächst folgenden durch ein el. Moment geschieden gesetzt, in welchem der analytische Effect, und mit ihm der Magnetismus, auf's neue angeregt werden durch die sich geltend machende Contactelektricität, welche auf die polaren Facto-

ren des F zum synthetischen Effect des Chemismus zurückdrängend reagirt, aber dadurch nur für den nächstfolgenden Augenblick eine um so gröſser Spannkraft für Diremtion hervorruft, welche Momente mit einer so unendlichen Geschwindigkeit auf einander folgen, daſs die sie begleitenden Zustände des Magnetismus und Chemismus einzeln als stetig zusammenhängen.

Pohl findet es ferner eben so leicht, die Wirksamkeit von Ketten aus zwei Metallen, die eine gleichartige positive oder negative Erregung mit dem F eingehen, z. B. von Gold F und Kupfer oder Zinn F und Zink, nach dem oben angegebenen Schema zu erklären. Ganz allgemein ist die el. Relation der Metalle gegen das F die entgegengesetzte von derjenigen, welche sie unter sich zeigen, nur wird sie, wenn beide Metalle gleichartige Pole gegen das F haben, nicht mehr auf eine qualitative, sondern auf eine quantitative Weise versichtbart. Man kann daher das Gesetz auch allgemein für alle Fälle darstellen, wenn man den qualitiven Unterschied zwischen + und — als einen bloſs quantitativen behandelt, vermöge dessen der negative Erreger dem positiven nur als ein minder positiver, und eben so der positive dem negativen als ein minder negativer gegenüber gestellt wird. Alsdann lautet der Satz allgemein: die Relation irgend zweier Metalle gegen Wasser und gegen irgend eine Solution ist immer die entgegengesetzte von derjenigen Relation, welche beim Contacte derselben Metalle statt findet. In der nicht geschlossenen Kette KFS steht, weil das S (Silber) mit dem F viel stärker positiv wird, das K demselben wie ein negatives gegenüber. Wird die Kette geschlossen, so soll vermöge des *Erregungsdranges* beim metallischen Contact das stärker positive S negativ, das schwächer positive K positiv werden; aber durch Antiperistasis oder Reaction wird gerade so wie in der Kette ZFK das S von dem F in der ursprünglichen E.-Erregung nur um so energischer festgehalten; S wird demnach in einem um so viel höheren Grade positiv, und F, welches in der Berührung mit S um so stärker negativ angefacht wird, wird auf der Seite des K dadurch um so viel kräftiger positiv, daſs jetzt K entschieden negativ wird, und so erscheint in der zum Chemismus gesteigerten Thätigkeit der Kette das Oxygen abermals in dem auſser der Kette positiven, in der Kette also negativen, das Hydrogen in dem in der Kette positiven Metalle. Auf ähnliche Weise erklärt Pohl auch die Wirkung der zweigliedri-

gen Kette, wo bei Anwendung eines mit der Flüssigkeit negativ werdenden Metalls die gröſsere Fläche sich in Beziehung auf die kleinere ebenso verhalte, wie das Z gegen das K, bei Anwendung eines positiv werdenden Metalls aber gerade umgekehrt die groſse Fläche gegen die kleinere eine analoge Relation wie K gegen Z haben müsse.

Ich gestehe aufrichtig, daſs ich in diesen und allen übrigen damit übereinstimmenden, mit einer groſsen Consequenz durchgeführten Erklärungen der Erscheinungen der Säule in ihren verschiedenen Abänderungen die Charaktere einer ächten physikalischen Theorie vermisse, welche nur solche Ursachen zur Erklärung von Erscheinungen zu Hülfe nimmt, die sich mit andern ausgemachten und durch Erfahrungen erwiesenen Ursachen vergleichen lassen, und deren Wirkungsart sich durch die Gesetze der Wirksamkeit solcher unleugbar erwiesenen Ursachen verdeutlichen läſst, einer Theorie, welche die Analogie mit andern als richtig erwiesenen Erklärungen für sich hat. Die Kräfte, welche Pohl zu Hülfe nimmt, müssen geradezu für *qualitates occultae*, nicht sehr verschieden von dem alten Horror vacui erklärt werden, die nach einem ganz willkürlich und bloſs zum Behuf der Erklärung postulirten Gesetze thätig seyn sollen. Nach allen durch Erfahrung erwiesenen Gesetzen der E. wird — E durch + E und eben so + E durch — E vermindert oder bei Gleichheit beider ganz aufgehoben. Pohl nimmt gerade das Gegentheil an, denn das in dem mit dem feuchten Leiter in Berührung stehenden Zinke vor der Schlieſsung vorhandene — soll durch das +, welches im Augenblicke der Schlieſsung durch seinen Contact mit dem Kupfer in ihm erregt wird, vielmehr gesteigert werden. Hier wirkt also das + nicht mehr nach seinem gewöhnlichen el. Charakter, es wirkt vielmehr als ein Reiz gleichsam auf die entgegengesetzte Weise. Wie kann es aber seine eigenthümliche Natur verleugnen? Pohl wird sagen, allerdings hebt es das — im Zinke auf, wie auch oben angedeutet ist, es entladet gleichsam dasselbe, aber in Beziehung auf das F wirkt es als ein Reiz, und erregt dieses gleichsam zur stärkern Reaction, wodurch denn das — um so kräftiger im Z auftritt. Ein solches Verhältniſs ist dann aber offenbar kein *elektrisches* mehr, sondern ein ganz neues, mit keinem andern Verhältnisse, wenigstens keinem in der anorganischen Natur vergleichbares, ein mysteriöses, und die ganze Kraft der geschlossenen Kette,

ein isolirt stehendes willkürlich angenommenes Princip. Aber nicht einmal die Erscheinungen passen zu demselben, ohngeachtet es nach ihnen gemodelt ist. Mag man nun mit Pohl annehmen, daſs das *Eisen* mit der Pottaschenlauge negativ und das *Kupfer* positiv werde, dem Gesetze gemäſs, daſs die Metalle, die mit einer Flüssigkeit negativ werden, dieselbe el. Erregung auch mit allen übrigen Flüssigkeiten zeigen, und eben so die mit einer einzelnen Flüssigkeit positiv werdenden, sich eben so gegen alle übrigen verhalten, oder unsern Versuchen mehr Glauben schenken, welchen zufolge beide gleichmäſsig damit negativ werden, so muſs doch von den beiden Metallen dasjenige, welches durch die Berührung mit dem andern positiv wird, vermöge dieses stärkern Reizes oder des Gesetzes der Antiperistasis in seiner Negativität wachsen und das andere eben so in seiner Positivität, oder wenn es selbst negativ war, nunmehr positiv werden, am ersteren also das Oxygen, am letzteren das Hydrogen auftreten. Der Versuch selbst zeigt aber in der geschlossenen Kette aus Eisen, Pottaschenlauge und Kupfer gerade das Gegentheil; indem vielmehr am *Kupfer* das *Oxygen*, am *Eisen* das *Hydrogen* auftritt, wie Davy's Versuche gelehrt haben, die ich durch den Multiplicator vollkommen bestätigt fand. In gleichem Widerspruche steht auch das Verhalten mehrerer Amalgame mit dem Zinke in der geschlossenen Kette (vgl. oben). — Auch die Wanderungen der Stoffe von einem Pole zum andern in der geschlossenen Kette lassen sich nach Pohl's Theorie nicht wohl begreifen, denn da in dieser der Elektricismus als bloſse Tendenz in den Chemismus als die wirkliche That übergeht, so können hier die anziehenden und abstoſsenden Kräfte der E. im engern Sinne eben so wenig als die Wirksamkeit von reellen Strömungen einer Materie, die nach Pohl bloſse Blendwerke sind, zu Hülfe genommen werden, vielmehr muſs alles den Gesetzen des chemischen Processes gemäſs erklärt werden, in welchem aber nirgend eine Abstoſsung in die Ferne vorkommt, ohne welche doch die Wanderung eines Stoffes von einem Pole zum andern gar nicht begreiflich ist.

Da Elektricität und Chemismus nach Pohl identische Thätigkeitsäuſserungen der Materie sind, so muſs der Unterschied, welchem die Metalle und die flüssigen Leiter in ihrem chemischen Grundverhalten zeigen, sich auch in der Art, wie sie die

E. leiten, offenbaren. Die Leitung der E. durch die Flüssigkeit ist nach Pohl's Theorie vermöge ihrer Zersetzbarkeit eine wahre Aufgeschlossenheit des elektrochemisch polaren Gegensatzes durch die Masse derselben hindurch von einem Extreme zum andern. Jedes Quantum elektrisch erregter Flüssigkeit, jede einzelne Schicht des flüssigen Leiters in der galvanischen Kette, ist somit als ein Aggregat von abwechselnden positiv und negativ elektrisch polaren, unendlich nahen Lamellen zu betrachten, die durch wechselseitige Erregung hervorgerufen sind, und an den Extremen jeder einzelnen Schicht, wie die Pole eines Magnetes stets mit entgegengesetzter Polarität hervortreten. Auch nur von einer einzelnen Seite el. angeregt zerfällt die Flüssigkeit in solche abwechselnde polare Schichten, und versichtbart eben darum jedesmal auf der entgegengesetzten Seite von derjenigen, wo sie angeregt wird, auf das bestimmteste die entgegengesetzte Erregung, und behält den einmal hervorgerufenen Erregungszustand längere Zeit bei. Ein einzelnes, in die geschlossene Kette versetztes, oder von verschiedenen Seiten her el. entgegengesetzt erregtes Metall, wie z. B. ein Draht, welcher den flüssigen Leiter unterbricht, wird durch die Energie der Entwickelung des ganzen Processes zwar gezwungen, sich gleichfalls für den polaren Gegensatz aufzuschließsen, er verschließst sich aber sogleich wieder demselben, sobald dieser Zwang aufhört und nur von einer Seite angeregt erscheint er durch seine ganze Masse hindurch entweder ganz positiv oder negativ. Indeſs ist diese Verschiedenheit in der Art der Fortleitung der E. durch feste und flüssige Leiter durch keinen entscheidenden Versuch nachzuweisen. Wenn die Leitung der E. überhaupt nichts anders als eine fortschreitende Ausgleichung mit ihrem Gegensatze und eine damit gleichlaufende Erregung der gleichnamigen ist, so muſs man auch in den Metallen eine solche undulatorische Fortpflanzung annehmen, vermöge welcher im Fortgange des $\pm$ aus dem 0 der ersten Schicht oder des ersten Querschnitts seinen Gegensatz, und das auf diese Art frei gewordene $\pm$ dieses 0 aus dem 0 der nächst angrenzenden unendlich dünnen Schicht abermals seinen Gegensatz anzieht, bis endlich die Ausgleichung durch solche abwechselnde Zersetzungen und Wiederzusammensetzungen ihren Weg durch den ganzen Leiter zurückgelegt hat. Nur in wahren Nichtleitern lassen sich fortdauernd in Spannung gegen einander befindliche abwechselnde

Schichten + und — denken, und auch durch directe Versuche nachweisen; die Flüssigkeiten, insbesondere Salzauflösungen, sind aber zu gute Leiter, um die el. Spannung in getrennter Polarität auseinander zu halten. Eine eigenthümliche Paradoxie in Pohl's Theorie ist noch die Behauptung, daſs das Zink nicht als positiv el. Körper sich in der Kette oxydire, sondern als negativ el. Körper, daſs vielmehr die positiv el. Flüssigkeit die Tendenz habe sich zu desoxydiren, den aciden Factor gegen das negative Metall zu kehren, daſs umgekehrt das Kupfer als positiv el. Körper das Hydrogen anziehe, und die an dasselbe angrenzende negative Flüssigkeit als solche die Tendenz habe, den basischen Pol abzustoſsen, oder den negativen anzuziehen. Es werden dadurch die gewöhnlichen elektrochemischen Theorieen recht eigentlich auf den Kopf gestellt, und der Erfinder dieser neuen Theorie verwickelt sich dadurch in Schwierigkeiten, die er mit allem seinen Scharfsinne nicht zu heben im Stande ist, wie ich bei der Säule noch kürzlich zu erinnern Gelegenheit haben werde.

III. Von dem verstärkten Galvanismus, oder der galvanischen Action in der vervielfachten Kette (der Volta'schen Säule).

A. Thatsachen.

65. Zwei Erreger (Leiter) der ersten Classe, in wie vielen Abwechselungen sie auch mit einander combinirt oder über einander geschichtet werden mögen, geben an den Enden einer solchen Reihe keine stärkere el. Polarität, als die beiden Endglieder in unmittelbarer Berührung mit einander gegeben haben würden, und wenn man die beiden Endglieder einer solchen aus bloſsen Erregern der ersten Classe bestehenden Säule, wie groſs sie auch immer sey, durch einen feuchten Leiter zur Kette ſchlieſst, so hat man keine andere Wirkung, als wenn man eine bloſs einfache Kette aus den beiden Endgliedern und dem feuchten Leiter gebildet hätte. Alles dieses ergiebt sich als mittelbare Folge des Spannungsgesetzes der Erreger der ersten Classe, und ist schon oben (Nr. 19, 20 und 23) hinlänglich aus einander gesetzt.

66. Wenn man dagegen Combinationen zweier Erreger der ersten Classe mit zwischengelegten feuchten Leitern an einander reiht, so daſs in der Aufeinanderfolge immer dieselbe Lage der Körper gegen einander bleibt, wenn man also z. B. auf einem isolirten Stative eine Reihe von Metallplattenpaaren in einer bestimmten, sich gleich bleibenden, Ordnung, z. B. Zink, Kupfer in Form von Platten über einander in stets gleicher Abwechslung schichtet, so daſs zwischen je zwei solchen Metallplattenpaaren immer ein feuchter Leiter z. B. eine mit Wasser, oder Kochsalzauflösung oder einer sonstigen salzigen Flüssigkeit getränkte Scheibe interpolirt wird, so entsteht dadurch eine sogenannte *Volta'sche Säule* oder *Galvanische Batterie*, welche nunmehro die el. Thätigkeit und alle davon abhängige Processe der einfachen Kette in einem verstärkten Grade zeigt, und deren Erscheinungen zusammen das Gebiet des *verstärkten Galvanismus*, der *vervielfachten Kette* oder des sogenannten *Voltaismus* im engern Sinne ausmachen, welche letztere Bezeichnung einige zum Andenken des unsterblichen Erfinders der Säule vorgeschlagen haben, und zum Unterschiede von dem *Galvanismus* im engern Sinne, welche Benennung die Erscheinungen der einfachen Kette bezeichnet, nach dem Namen desjenigen, dem das Glück diesen seltenen Fund gewährt hatte.

67. Es lassen sich alle Erscheinungen des verstärkten Galvanismus nach demselben Schema betrachten; nach welchem ich Erscheinungen der einfachen Kette entwickelt habe, also erstlich die Erscheinungen der vervielfachten Kette im *ungeschlossenen* Zustande, demnächst die Erscheinungen der *geschlossenen* Säule nach den Hauptverschiedenheiten ihrer Zusammensetzung aus zwei Erregern der ersten und einem Erreger der zweiten Classe, einem Erreger der ersten und zweien der zweiten Classe, endlich bloſser Erreger der zweiten Classe und nach den Hauptclassen von Wirkungen, welche die Säule eben so wie die einfache Kette, nur in einem verstärkten Grade, zeigt. Um jedoch diesem Artikel keine ungebührliche Ausdehnung zu geben, und da sich, wenn von einer Art von Säule das Gesetz, nach welchem sich die galvanische Action vervielfacht und die davon abhängigen Processe gesteigert hervortreten, entwickelt ist, die Anwendung auf jede andere Art von Säule sich von selbst ergiebt, so will ich mich hier nur auf die *Volta'sche Säule in ihrer einfachsten Form* beschränken, und die Hauptumrisse des verstärkten Galvanismus, sowohl was die

Phänomene als auch die Theorie betrifft, mittheilen, das nähere Detail und insbesondere die Beschreibung der verschiedenen Arten von galvanischen Batterien und ihren mannigfaltigen Wirkungen den Artikeln *Säule, Volta'sche Säule*, *trockene* oder *Zamboni'sche Säule* vorbehalten.

68. Die el. Versältnisse einer nach dem obigen Schema (Nr. 66) gebauten Säule verdienen vor allen unsere Aufmerksamkeit, da sich nach ihnen vorzüglich die übrigen Wirkungen der Säule richten, die eben darum auch nicht unpassend den Namen der *elektrische Säule* erhalten hat. Diese Verhältnisse sind zuerst mit grofser Klarheit von Volta [1] entwickelt, aber auch unabhängig von diesem, von andern Beobachtern, insbesondere von Erman [2] und im gröfsten Detail von Ritter [3] und Jäger [4] beschrieben worden, und man kann diesen Theil des Thatsächlichen als vollkommen erschöpft betrachten. Gerade so, wie in der einfachen Kette, zeigen auch hier die el. Verhältnisse eine wesentlich verschiedene Beschaffenheit, je nachdem die Säule ungeschlossen oder geschlossen ist. Im ersten Falle zeigt sich die E. nur durch freie Spannung, im zweiten durch Strömung (Ausgleichung) thätig, im ersten Falle gelangt sie zu einem stabilen Gleichgewichte, oder einem Zustande der Ruhe in allen einzelnen Ketten, welche zusammen die Säule ausmachen, im zweiten Zustande wird dieses Gleichgewicht stets wieder aufgehoben, und eine beständige innere Bewegung unterhalten; im ersten offenbart sich die Thätigkeit nach aufsen als rein el. ohne innere Veränderung der Glieder, im zweiten als rein magnetische mit innerer (chemischer) Veränderung der Glieder. Zwischen beiden Zuständen liegt der Zustand der unvollkommenen Schliefsung mitten inne, kann sich aber bald mehr dem einen, bäld mehr dem andern nähern, und vereinigt dann beide Classen von Phänomenen entweder auf gleiche Weise oder mit dem Uebergewichte der einen oder der andern, je nachdem dieser Zustand dem einen oder dem andern näher liegt.

1 G. X. 439. ff.

2 Ebend. VIII. 197. 384.

3 Ebend. VIII. 209. 387. und XIII. 265.

4 Ebend. XI. 316. und XIII. 399.

Elektroskopische Phänomene der vollkommen offenen isolirten Säule.

69. Erbaut man nach der oben (Nr. 66) angeführten Weise aus einer hinlänglich grofsen Anzahl von Abwechselungen z. B. aus 200 Plattenpaaren aus Zink und Kupfer von runder oder viereckiger Gestalt, wobei, was die elektroskopischen Phänomene betrifft, die Gröfse der Platten nicht in Betracht kommt, mit Tuch oder Pappenscheiben, welche mit Kochsalzlauge oder Fig.
Salmiakauflösung getränkt sind, wenn also diesem gemäfs C das 122.
Kupfer, Z das Zink, N die feuchte Pappe und g g die wohlüberfirnifsten Glasstäbe bezeichnen, welche die Metallplatten in ihrer Lage stützen und zugleich isoliren, und sorgt für eine so viel möglich vollkommene Isolirung der Säule durch Unterlegung einer hinlänglich dicken Harzscheibe r, über welcher sich selbst noch mehrere recht trockene Glasplatten v v befinden, so zeigt sich an beiden Enden A und B *freie el. Spannung*, welche durch hinlänglich empfindliche Elektrometer erkennbar ist. Die Säule erscheint als ein wahrer el. Magnet mit zwei Polen. Das eine Ende ist positiv, das entgegengesetzte Ende ist negativ und zwar liegt, welche Combination von zwei trockenen Erregern, oder welches Plattenpaar man auch unter Beibehaltung des oben angeführten feuchten Leiters anwenden mag, der positive Pol immer nach derjenigen Seite, nach welcher das positive Glied der gewählten Combination hin liegt, wenn man nämlich diese Lage in Beziehung auf das angewandte Plattenpaar bestimmt, oder von der Berührungsfläche der beiden Metalle oder Erreger der ersten Classe mit einander ausgeht; der negative Pol dagegen nach derjenigen Seite, nach welcher der negative Erreger hingekehrt ist, und also in dem gewählten Beispiele der positive Pol nach oben, der negative nach unten. Diese beiden Pole sind sich an el. Intensität vollkommen gleich, und wenn besonders in früheren Versuchen ein Ungleichheit derselben beobachtet wurde, so lag die Ursache blofs in ihrer nicht gleich vollkommenen Isolirung. So hatte ich z. B. den negativen Pol schwächer als den positiven gefunden [1], Erman fand dagegen zuweilen die Divergenz am negativen Pole die am po

1 Schw. III. 368.

sitiven Pole übertreffen [1], und leitete diesen Unterschied von einer verhältnifsmäfsig etwas stärkern Entladung des positiven Pols durch die umgebende Luft her, wenn sich diese in einem negativ el. Zustande (?) befand, Ritter, der in seinen anfänglichen Untersuchungen bald den positiven, bald den negativen Pol überwiegend fand [2], überzeugte sich, dafs wenn alle Umstände, die auf die Schwächung des einen oder andern Pols hinwirken, sorgfältig vermieden werden, die Elektricitäten an beiden Enden gleiche Intensitäten zeigen. Bei verticalen Säulen macht die vollkommene Isolirung des unteren Pols grofse Schwierigkeiten, indem durch das Ablaufen der Flüssigkeit die Unterlage leitend wird, wie G. Bischoff durch mehrere Versuche aufser Zweifel gesetzt hat [3]. Er baute zwei ganz gleiche Säulen von 202 Paaren Zink und Kupfer, welche auf ungefähr 1 Zoll dicken Harzkuchen, die in Kästchen von Pappe eingegossen waren, ruhten. Beide Säulen standen in einem Gestelle, und jede war durch 4 senkrecht stehende Glasröhren eingeschlossen, sie waren in entgegengesetzter Ordnung aufgebaut, so dafs die eine den positiven oder Zinkpol, die andere den negativen oder Kupferpol nach oben hatte; jeder der obern Pole zeigte, durch das Elektrometer geprüft, gleiche Intensität, aber der untere Pol bei beiden war ohne alle Wirkung auf das Elektrometer. Bei einer grofsen Sorgfalt zeigten aber auch die unteren Pole ihre freie el. Spannung, und zwar von ganz gleicher Intensität wie die oberen. Zur Prüfung der freien Spannung der Pole haben daher horizontalliegende Säulen, deren Endplatten sich leichter vollkommen isoliren lassen, da hier keine Benetzung der Harzscheiben durch die Flüssigkeit eintritt, einen entschiedenen Vorzug. Es ist aber noch eine andere Vorsicht zu beobachten, wenn man die wahre el. Polarität der offenen Säule in ihrem reinen Zustande beobachten will. Entweder mufs man sie nämlich so aufbauen, dafs man jede einzelne Scheibe mit isolirenden Handhaben, z. B. mit Zangen, welche mit Siegellack überzogen, und überdiefs noch mit Seide ausgefüttert sind, anfafst, oder man entladet die ohne jene Vorsicht aufgebaute Säule durch eine vollkommene Schliefsung mit einem isolirten metallenen

1 G. XI. 98.

2 Ebend. VIII. 454.

3 Kastner's Archiv IV. 13.

Drahte, und hebt ihn nach kurzer Zeit ab. Hat man mit einem *nicht isolirten* Metalldrahte geschlossen, so würde man für den Fall, daſs man die Verbindung mit den beiden Polen in demselben gleichen untheilbaren Augenblicke aufhöbe, die Säule im Zustande einer vollkommene Gleichheit beider Pole zurückgelassen erhalten. Da dieses aber in der Wirklichkeit buchstäblich wohl nie zu erreichen ist, sondern der eine oder andere Pol länger in Verbindung mit dem Drahte zu bleiben pflegt, so wird sich als Folge davon stets eine kleine Ungleichheit in der Stärke der Pole einstellen, indem derjenige Pol, welcher längere Zeit in Berührung gewesen war, eine geringere Intensität zeigen wird, mit einem Unterschiede, welcher dem Unterschiede der Zeit zwischen dem Aufhören der Verbindung des Metalldrahts mit dem einen und dem anderen Pole proportional ist [1].

Bei einer Säule von 100 Plattenpaaren Z K ist die el. Intensität der Pole schon so merklich, daſs die 2½ Z. langen und höchstens 2 Linien breiten Blättchen eines Bennet'schen Elektrometers 4 L. divergiren und Volta erhielt von den Polen einer solchen Säule an einem Goldblattelektrometer 3 L., und an seinem feinen Strohhalmelektrometer eine Divergenz von 1,5 bis 1,75 L. Daſs der Umfang des Elektrometers im Verhältniſs zur Gröſse der Endplatten einer Säule, deren el. Intensität man auf diese Art prüfen will, nur wenig betragen dürfe, und eigentlich dagegen verschwindend seyn müsse, wenn man bei vollkommener Isolirung des entgegengesetzten Pols das wirkliche Maximum der el. Intensität des Pols erhalten will, darauf werde ich noch weiter unten bei den Versuchen mit dem Condensator zurückkommen. Je gröſser die Zahl der Plattenpaare ist, aus welcher man die Säule erbaut hat, um so auffallender wird die freie el. Spannung der Pole seyn [2], und wir werden an einem andern Orte sehen, daſs sie bei Säulen von mehreren tausend Abwechslungen endlich einen Grad erreicht, um leichte Pendel in Bewegung zu setzen, und bei hellem Tage sichtbare Funken von einer bemerklichen Schlagweite und mit hörbarem Knistern mitzutheilen. Bei einer Säule von 100 Plattenpaaren ist indeſs die Intensität noch so gering, daſs sie selbst den Widerstand der dünnsten Oxydschicht nicht zu überwältigen vermag, weswe-

1 Ritter bei G. VIII. 480.
2 S. *Säule, trockene.*

gen man bei den Drähten, welche die Verbindung zwischen dem Pole und dem Elektrometer machen, auf reine metallische Berührungspuncte sehen mufs. Damit der eine Pol seine freie el. Spannung zeige, ist es durchaus nicht nöthig, dafs zugleich die E. des entgegengesetzten Pols nach aufsen beschäftigt sey. Wenn daher zwei Goldblattelektrometer mit den beiden Polen gleichzeitig in Berührung sind, und beide Elektrometer die gleiche Divergenz, das eine die positive das andere die negative zeigen, so nimmt so wenig die Divergenz des einen als des andern Pols ab, wenn man die Verbindung des andern Pols mit seinem Elektrometer aufhebt. Diesem scheinen die von Ritter mit einer Säule von 600 Paaren Zink, Kupfer und mit Kochsalzlösung getränkten Pappen angestellten Versuche zu widersprechen [1], an welcher ein Saussüre'sches Hollundermarkkügelchenelektrometer nicht divergirte, wenn es mit seinem obern Haken vom einen oder andern Pole [2] der gut isolirten Säule in der freien Luft herabhing, ohne dafs von der Bodenplatte des Elektrometers eine Ableitung nach der Erde angebracht, das Elektrometer also ganz isolirt war. Erst dann, wenn die Isolirung desselben aufgehoben wurde, gingen die Kügelchen aus einander und zwar mit einer Divergenz, die nur die halbe von derjenigen war, welche jeder einzelne Pol zeigte, wenn der andere ableitend berührt wurde, und welche letztere an dem gebrauchten Elektrometer 2,5 Par. Zoll betrug; wurde dagegen der untere Haken der Bodenplatte des Elektrometers zugleich mit dem andern Pole verbunden, so zeigte das Elektrometer die ganze Divergenz, d. h. dieselbe, wie wenn die Säule an dem andern Pole ableitend berührt worden wäre. Dafs allerdings die Entgegenwirkung in dem einen Falle des $\pm$ E. aus dem Erdboden, in dem andern Falle des entgegengesetzten Pols von den an den Seitenwandungen des Elektrometers herabgehenden Staniolstreifen aus auf die Verstärkung der sonst nur einseitigen repulsiven Wirkung des einen Pols in den durch den Haken des Instruments mit denselben in Verbindung stehenden Kügelchen beitragen mufste, ist leicht einzusehen; auch läfst sich annehmen,

1 G. XIV. 6.

2 Die grofse Säule bestand aus 4 neben einander aufgebauten Säulen, jede von 150 Plattenpaaren, die so mit einander verbunden waren, dafs die beiden Pole sich zu oberst an den Enden der beiden äufsern Seiten befanden.

dafs bei einem so wenig empfindlichen Elektrometer die blofs einseitige repulsive Wirkung nicht im Stande gewesen seyn möchte, die Kügelchen zu einer merklichen Divergenz zu bringen; dafs aber auch ohne diese Entgegenwirkung durch die blofs einseitige Wirkung des einen oder andern Pols einer Säule von 80 bis 100 Plattenpaaren wenigstens die Goldblättchen eines vollkommen isolirten Elektrometers zur Divergenz gebracht werden, haben mich oft wiederholte Versuche gelehrt, wie dann auch Erman [1] schon in der ersten Zeit bei den mit der Säule angestellten Versuchen beobachtete, dafs der eine Pol einer vollkommen isolirten Säule von 200 Plattenpaaren eine Hollundermarkkugel aus einer Entfernung von 2 Linien anzog, wenn auch der andere Pol nicht von aufsen beschäftigt (vollkommen isolirt) war, welche Anziehung aber allerdings viel rascher und bei einer Entfernung von 4 bis 5 Lin. erfolgte, wenn der andere Pol ableitend berührt wurde. Es ist eine merkwürdige Beobachtung Ritter's, dafs die einem Elektrometer von dem einen oder andern Pole aus mitgetheilte E. eine geringere Wirkung hervorbringt, oder eine geringere Intensität zeigt, so lange die Verbindung zwischen dem Elektrometer und dem Pole besteht, als unmittelbar nach aufgehobener Verbindung. Dieses Resultat erhielt Ritter, als ein Goldblättchen, welches an dem Ende eines isolirten Stempels einer Glocke herabhing, einem Drahte, Fig. 123. in den ein seitwärts durch die Glocke gehender Stempel endigte, gegenüberstand, und nun mit dem ersten Stempel der eine oder andere Polardraht einer Batterie in Verbindung gebracht wurde, wie aus der Zeichnung zu ersehen ist, wo α das an dem einen Stempel A herabhängende Goldblättchen, β den mit dem andern Stempel B verbundenen Draht bezeichnet. Wurde nach geschehener Verbindung und während derselben von A mit a, dem zum positiven, oder mit b, dem zum negativen Pole der isolirten Säule gehenden Drahte, β dem Goldblättchen α so weit genähert, bis α dergestalt gegen β umgebogen wurde, dafs nur noch wenig fehlte, um ganz an β anzuschlagen, und würde dann a oder b von A getrennt, so näherte sich in demselben Augenblicke α dem Drahte β schnell noch mehr, und schlug wirklich an denselben an. War die Entfernung des Drahtes β von α so grofs, dafs bei der Trennung des Drahtes a oder b von

1 G. VIII. 199.

A, α nicht wirklich bis zu β überschlug, so versuchte doch α in dem Augenblicke der Trennung nach β hinzugehen, es bekam gleichsam einen kleinen Stofs nach ihm hin, dieser war aber zu schwach, es ganz hinzubringen, es drehte unterwegs, noch ehe es β erreichte, wieder um, und fiel langsam in seine allererste Lage zurück.

Sind die Metallplatten einer Volta'schen Säule hinlänglich grofs, im Verhältnisse gegen den Theil des Elektrometers, dem die E. von der Säule aus mitgetheilt werden soll, so dafs bei der Ausgleichung irgend eines Quantums von freier E., welches einer solchen Platte von aufsen mitgetheilt worden wäre, mit dem Elektrometer die Intensität oder Spannung der E. der Platte nicht merklich vermindert werden möchte, so wird die Endplatte der Säule, wenn sie an einem isolirten Handgriffe von dieser abgenommen wird, dem Elektrometer dieselbe Divergenz mittheilen, als so lange sie noch mit der Säule in Verbindung stand, zum Beweise, dafs die E., wenn gleich durch die Thätigkeit der Säule hervorgerufen, doch nunmehr unabhängig von dieser Thätigkeit für sich fortbesteht, und sich also die Volta'sche Säule in dieser Hinsicht ganz verschieden von einem Magnete verhält, bei welchem ein Fragment, von dem einen oder andern Ende abgetrennt, nicht die einseitige nördliche oder südliche Polarität beibehält, sondern als ein neuer, jedoch viel schwächerer Magnet mit beiden Polen auftritt [1].

Die freie el. Polarität schränkt sich nicht blofs auf die Endplatten ein, sondern sie erstreckt sich von da aus, jedoch abnehmend, in beiden Hälften nach der Mitte der Säule zu, wo ein 0 oder Indifferenzpunct sich befindet, welchen die isolirte Säule im eigentlichen Sinn in zwei Hälften von entgegengesetzter freier el. Spannung theilt, wovon die eine Hälfte durchaus positiv, die andere durchaus negativ ist, gerade so wie ein Longitudinal-Magnet in seinen zwei Hälften die entgegengesetzten Magnetismen zeigt, wobei jedoch die el. Intensitäten in den beiden Hälften nach dem Indifferenzpuncte zu nach einem andern Gesetze abnehmen, als bei dem Magnete. Um diese Abnahme und ihr Gesetz genauer übersehen zu können, wollen wir uns eine Zink-Kupfersäule vorstellen, und auch hier den el. Spannungsunterschied dieser beiden Metalle als Einheit zum Grunde

1 Vgl. Pfaff in Schw. J. X. 189.

legen. Die Quantitäten der negativen und positiven Elektricitäten der isolirten Säule bilden dann in Beziehung auf dieses Grundmafs zwei arithmetische Progressionen, in deren jeder der Unterschied zwischen zwei auf einander folgenden Gliedern die Einheit seyn wird. Ist die Anzahl der Platten gerade, so erhält man die Intensität des negativen Pols an der Kupferplatte, wenn man die Zahl der Platten durch 4 dividirt, und den Quotienten mit dem — Zeichen versieht; dieselbe Zahl mit dem Zeichen + giebt den gleichen positiven Pol. Diese beiden äufsersten Platten befinden sich in zwei gleichen und entgegengesetzten Zuständen, und derselbe Fall wird je für zwei Platten, die sich in gleicher Entfernung von den Extremen befinden, statt haben. In der Mitte der Säule werden sich zwei Platten auf 0 befinden. Die Summe der beiden Progressionen, der negativen und positiven, wird stets 0 seyn. So wird also unter obiger Voraussetzung bei einer Säule von 6 Plattenpaaren oder 12 Platten, die el. Intensität der beiden Endplatten durch die Zahlen $+\frac{12}{4} = +3$ und $-\frac{12}{4} = -3$ ausgedrückt werden, und folgende Reihe von Zahlen den el. Zustand der Platten darstellen.:

$-3-2; -2--1; -1-0; +0+1; +1+2; +2+3.$

Ist die Anzahl der Platten ungerade; so wird man den Zustand der ersten Platte von der negativen Seite ausgegangen erhalten, wenn man erst den 4ten Theil der Platten mit dem negativen Zeichen nimmt, und die Einheit, dividirt durch 4mal die Anzahl der Platten, hinzufügt. Alles übrige gilt auch hier auf gleiche Weise, wie im ersten Falle. So wird man also z. B. für 7 Platten die negative Spannung der ersten Kupferplatte $= -\frac{7}{4} + \frac{1}{28} = -\frac{12}{7}$, und den el. Zustand der übrigen Platten durch folgende Progression dargestellt erhalten:

$-\frac{12}{7} - \frac{5}{7}; -\frac{5}{7} - \frac{2}{7}, + \frac{2}{7} + \frac{5}{7}, + \frac{5}{7} + \frac{12}{7}.$

In allen Fällen werden die Platten, die durch die feuchten Leiter von einander getrennt sind, die gleiche el. Spannung haben, so ferne man von den schwachen elektromotorischen Wirkungen dieser letzteren selbst abstrahirt.

Die Richtigkeit dieser arithmetischen Darstellung läfst sich durch gewöhnliche elektroskopische Versuche nur im Allgemei-

nen und annähernd nachweisen, insofern diese Versuche blofs zeigen, dafs wenn man bei einer vollkommen isolirten Säule von 200 bis 300 Plattenpaaren das Elektrometer von der obersten oder untersten Endplatte aus nach der Reihe mit den nach innen zu liegenden Platten in Verbindung setzt, die Spannungen sehr allmälig und gleichförmig von beiden Seiten aus abnehmen, die aber bald so schwach werden, dafs auch das empfindlichste Elektrometer bei dem 20sten bis 30sten Plattenpaare, von der Mitte ausgegangen, keine merkliche Spur von freier Spannung mehr anzeigt, diese Richtigkeit ergiebt sich aber folgerecht aus dem Satze, dafs die Spannungen der auf einanderfolgenden Plattenpaare in arithmetischer Ordnung wachsen, ein Satz, welcher mit Nothwendigkeit aus der Volta'schen Theorie folgt, und den auch die weiter unten zu beschreibenden Versuche mit dem Condensator so scharf beweisen, als überhaupt unsere die E. messenden Instrumente auf dem jetzigen Standpuncte genaue vergleichbare Mafse für freie el. Spannungen zu geben im Stande sind.

Elektroskopische Verhältnisse der einseitig abgeleiteten Säule.

70. Sind die beiden Pole einer vollkommen isolirten Volta'schen Säule mit zwei Goldblattelektrometern verbunden, welche in diesem Falle gleiche el. Spannung, das eine positive, das andere negative, zeigen, und berührt man den einen Pol ableitend mit dem Finger, so sinkt seine Spannung augenblicklich auf 0 herab und die Spannung des andern steigt auf das Doppelte der ursprünglichen, und erreicht das Maximum, dessen sie überhaupt fähig ist. Da sich ein Strohhalm- oder Goldblattelektrometer wenigstens für gewisse Grade leicht so reguliren läfst [1], dafs man die Spannungen, die es anzeigt, vergleichungsweise in Zahlenwerthen genau angeben kann, so gilt diese Behauptung der Verdoppelung nicht blofs als Folgerung aus andern Versuchen, namentlich mit dem Condensator, sondern findet ihre Bestätigung in den Versuchen selbst, jedoch nur unter der Bedingung, dafs die leitende Oberfläche der Elektrometer gegen die der Platten nicht merklich in Betracht kommt. Von dem abgeleitet berührten Ende oder

1 S. *Elektrometer.*

dem 0 ausgegangen befolgen die Spannungen in einer solchen Säule aus Kupfer und Zink unter obiger Voraussetzung, dafs der Spannungsunterschied zwischen Zink und Kupfer in der Berührung = 1 gesetzt werde, eine *arithmetische Progression, die durch die natürliche Folge der Zahlen dargestellt wird,* indem der Spannungsunterschied je zweier in unmittelbarer Berührung befindlicher Platten = 1, und die Spannungen der je durch einen feuchten Leiter zunächst von einander getrennten heterogenen Platten gleichartig und gleich grofs sind, und zwar sind diese Spannungen durchaus positiv, wenn der negative Pol ableitend berührt worden ist, negativ dagegen bei ableitender Berührung des positiven Pols; das für eine aus 6 Plattenpaaren bestehende, isolirte Säule oben angegebene Schema verändert sich für diese beiden Fälle in nachfolgendes:

$$0 + 1; + 1 + 2; + 2 + 3; + 3 + 4; + 4 + 5; + 5 + 6$$
$$0 - 1; - 1 - 2; - 2 - 3; - 3 - 4; - 4 - 5; - 5 - 6$$

und beide Säulen sind im strengsten Sinne *unipolar*. Die Divergenz der Goldblättchen oder Strohhälmchen, die in dem Augenblicke der ableitenden Berührung des entgegengesetzten Pols auf das Doppelte verstärkt worden war, behauptet sich in dieser Stärke, ohne weiter zuzunehmen, so lange die Säule überhaupt noch wirksam ist, was mehrere Tage hindurch statt finden kann [1].

Nimmt man den ableitenden Draht, der mit dem einen oder andern Pole in Verbindung stand, ab, und läfst so die Säule wieder im Zustande der Isolirung, so bleibt sie dennoch auf längere Zeit in demjenigen Zustande der Spannung, in welchen sie durch das vorige Verfahren gebracht wurde, und nur allmälig kehrt sie in ihren ursprünglichen Zustand doppelter Polarität zurück, in so fern in dem Verhältnisse, in welchem die E. an dem Pole, an welchem die Anhäufung statt fand, sinkt, die entgegengesetzte allmälig wieder an dem andern Pole zum Vorschein kommt, bis auf beiden Seiten wieder vollkommene Gleichheit und an jedem Pole die Hälfte der durch die Ableitung an einem einzelnen Pole hervorgerufen gewesenen Intensität statt findet. Es bedarf kaum der Erinnerung, dafs alle diese Erfolge nur unter der Bedingung der möglichst vollkommenen und ganz gleichen Isolirung beider Pole statt finden, und nur durch

1 Vgl. Erman in G. VIII. 203.

sehr empfindliche und genau vergleichbare Elektrometer constatirt werden können. Wenn man die Qualität der E. des mit dem einen Pole verbundenen Elektrometers, während der andere Pol ableitend berührt wird, auf die gewöhnliche Weise durch eine angenäherte geriebene Siegellackstange oder Glasröhre untersuchen will, so erhält man gerade das entgegengesetzte Resultat von demjenigen, was man nach der angeführten Auseinandersetzung erwarten sollte oder die Pole scheinen gerade die entgegengesetzte E. von derjenigen, die alle sonstige Versuche an ihnen offenbaren, zu besitzen. Die durch den positiven Pol divergirenden Strohhälmchen oder Goldblättchen, statt durch Annäherung der Glasröhre in ihrer Divergenz zuzunehmen, nehmen vielmehr darin ab, und erst wenn die Glasröhre noch weiter genähert wird, tritt eine abermalige stärkere Divergenz ein. Eben so verhält sich die Sache mit dem, mit dem negativen Pole in Verbindung stehenden, Elektrometer bei Annäherung der geriebenen Siegellackstange. Wird dagegen derselbe Versuch mit dem Elektrometer angestellt, nachdem dasselbe aufser Berührung mit den Polen der Säule gebracht worden, so verhält sich alles der gewöhnlichen Regel gemäfs, d. h. die durch den positiven Pol zur Divergenz gebrachten Goldblättchen oder Strohhälmchen nehmen nunmehro bei Annäherung der geriebenen Glasröhre an Divergenz zu, und eben so die durch den entgegengesetzten Pol divergirenden durch Annäherung der geriebenen Siegellackstange. Diese von mir beobachtete Anomalie, welche ich eben darum ein el. Paradoxon nannte [1], erklärt sich auf folgende Weise. Da nämlich die Säule an dem entgegengesetzten Ende mit dem Erdboden in Verbindung steht, so wirkt, wenn das Elektrometer mit dem positiven Pole communicirt, die positive E. der Glasröhre nach dem gewöhnlichen Gesetze auf Anziehung von negativer E. aus dem Erdboden längs der ganzen Säule, wodurch die Spannung des positiven Pols und die Divergenz des Elektrometers vermindert werden mufs, weswegen man dann auch eine Art von Schwanken in dem Elektrometer wahrnimmt, indem die Säule immer wieder ihre vorige Spannung herzustellen strebt; nähert man aber dann die Glasröhre immer mehr, so nimmt die Vertheilung immer mehr zu; die aus dem 0 der Säule und des Elektrometers selbst durch Anzie-

1 Schw. III. 367.

hung des — frei gemachte und zurückgetriebene positive E. ist dann wegen der näheren und stärkeren Einwirkung gezwungen, ihren Weg auch abwärts durch die Goldblättchen selbst zu nehmen, und indem sie sich nach unten zu in ihnen anhäuft, bringt sie neue Divergenz hervor. Wird hingegen derselbe Versuch mit dem Elektrometer angestellt, nachsem es aufser Verbindung mit der Säule gebracht worden ist, so mufs nothwendig das kleinste Quantum von +, das durch Anziehung des — aus dem 0 des Elektrometers durch die angenäherte Glasröhre frei gemacht wird, zu dem schon in dem Goldblättchen vorhandenen freien + hinzukommen, und die repulsive Wirkung desselben, und damit die Divergenz der Goldblättchen auf die gewöhnliche Weise vermehren. Alles dieses findet auf gleiche Weise nur mit veränderten Zeichen seine Anwendung auf den negativen Pol. Eine Volta'sche Säule äufsert bei ableitender Berührung des einen oder andern Pols selbst eine merkliche Wirkung auf ein Elektrometer, wenn dasselbe auch nicht unmittelbar mit dem andern Pole in Verbindung gesetzt wird, sondern nur auf einem und demselben Tische mit der Säule steht. G. Bischoff hat viele Versuche [1] über den Einflufs, welchen verschiedene Umstände hierbei ausüben, angestellt; die von ihm beobachteten Erscheinungen erklären sich im Allgemeinen befriedigend nach den bekannten Gesetzen der el. Vertheilung, und liefern zugleich sehr entscheidende Beweise für das nicht unbedeutende Leitungsvermögen des Glases für E., worin es Seide, Siegellack und Harz weit übertrifft, obschon auch diese in seinen Versuchen als relative Leiter sich zeigten. Der auffallendste Versuch war, dafs wenn Bischoff mit seinem Finger den Kupferpol einer Säule berührte, während der Zinkpol isolirt war, das Goldblättchen eines Bohnenberger'schen Elektrometers die E. des ableitend berührten Pols zeigte, ohngeachtet er in keiner andern Verbindung, als durch den Fufsboden mit dem Tische und dem Elektrometer stand. Die Bewegung des Goldblättchens nach dem positiven Pole der kleinen trockenen Säule erfolgte selbst dann noch, wenn eine andere Person, sie mochte stehen, wo sie wollte, den Kupferpol berührte. Auch war kein Unterschied zu bemerken, ob der Zinkpol isolirt war, oder nicht. Dieser Versuch steht in einem scheinbaren Widerspruche mit

1 Schw. N. R. V. 251.

der von Bischoff in seinen Folgerungen aufgestellten, und in einem späteren Aufsatze[1] wiederholten, Behauptung, dafs durch blofse Berührung eines Pols der Säule mit dem Finger ein in der Nähe stehendes Elektrometer die gleiche Elektricität des Pols erhalte. Denn da im obigen Falle beide Pole zugleich berührt seyn müssen, wenn nämlich der Zinkpol nicht isolirt war, so mufsten beide Elektricitäten zugleich in dem Elektrometer auftreten; es konnte also weder die eine noch die andere zeigen. Der Grund, dafs demungeachtet das Elektrometer nur die E. des Kupferpols zeigte, lag darin, dafs der negative Pol der angewandten Säule viel stärker war als der positive, indem Bischoff eigentlich mit zwei Säulen experimentirte, die zwar mit einander zusammenhingen, und somit eine einzige Säule bildeten, aber so wenig isolirt waren, dafs man jede als eine eigene Säule betrachten konnte, deren unteres Ende durch eine Glasplatte nur unvollkommen isolirt sich merklich auf 0 befand, während das obere Ende allein wirklich isolirt war. Nun hatte die eine Säule von 123 Plattenpaaren an ihrem oberen Ende den Kupferpol, die andere nur von 39 Plattenpaaren an ihrem oberen Ende den Zinkpol, folglich mufste, unter diesen besonderen Umständen, der negative Pol jedesmal das Uebergewicht äufsern. Es leidet wohl keinen Zweifel, dafs jene mit der E. des berührten, und damit abgeleiteten, Pols gleiche E. des Goldblättchens von einer Zuleitung der abgeleiteten E. zu demselben durch den menschlichen Körper, den Tisch, auf welchem das Elektrometer stand, und das gläserne Gehäuse des Elektrometers, das nur ein sehr unvollkommener Isolator ist, abhing. Erman will indefs unter ähnlichen Umständen ein entgegengesetztes Resultat erhalten haben[2]. Er isolirte ein äufserst feines Elektrometer auf das vollkommenste, stellte es in einer Entfernung von 7 bis 8 Fufs einer gut isolirten kräftigen Säule von 300 Plattenpaaren gegenüber, und gab demselben eine positive Divergenz. So oft er nun den + Pol der Säule berührte, fiel das Elektrometer etwas zusammen, und divergirte wieder etwas stärker, wenn er den — Pol berührte. War die Säule sehr thätig, so wurde das Elektrometer afficirt, wenn man demselben auch gar keine Divergenz vorher mitgetheilt hatte. Erman erklärt sich diese Wir-

1 Kastner's Archiv IV. 79.

2 G. XI. 97. und 163.

kung daraus, daſs der isolirte Pol, dessen E. durch die ableitende Berührung des andern gesteigert worden ist, einen Theil seiner E. an die Luft absetze, wodurch also das Elektrometer gerade die entgegengesetzte E. des abgeleiteten Pols erhalten müsse. Dieser Widerspruch zwischen zwei sonst genauen Beobachtern muſs durch weitere Versuche aufgeklärt werden. Indessen ist es nicht wohl begreiflich, wie der isolirte Pol, in dem Augenblikke, daſs der andere Pol ableitend berührt wird, auf eine Entfernung von 7 bis 8 Fuſs durch die Luft hindurch, hinlänglich viele E., sey es nun durch Mittheilung oder durch Vertheilung in Thätigkeit setzen könne, um auch das empfindlichste Elektrometer merklich zu afficiren, während allerdings durch Zuleitung durch den menschlichen Körper, den Tisch u. s. w. von dem abgeleiteten Pole aus eine hinlänglich starke Mittheilung, um das so empfindliche Bohnenberger'sche Elektrometer zu afficiren, sich wohl denken läſst.

Bringt man bei einer an dem einen Ende ableitend berührten Säule, die nunmehro durch ihre ganze Länge in continuirlicher Abnahme von dem Maximum von Spannung an dem einen Pole zum 0 an dem andern nur die eine oder die andere von den beiden E. hat, in der Mitte eine gleiche Ableitung, wie vorher an dem Ende, an, so sinkt das Maximum an dem einen Pole auf die Hälfte herab, das Null des andern steigt dagegen mit der entgegengesetzten E. bis zur selbigen Stärke, auf welche das Maximum am andern Ende so eben zurück kam, und an der Stelle der jetzigen Ableitung verschwindet alles + E oder − E, und sie wird selbst zum Nullpunct. Kurz die Säule kehrt in ihren ursprünglichen Zustand als isolirte und nirgend abgeleitet gewesene zurück.

Man bringe die Ableitung an irgend einem andern beliebigen Puncte der isolirten Säule an, immer wird die Stelle der Ableitung 0 werden, in welchem Zustande sich auch die Säule befinden mag, und die Intensitäten der einander entgegengesetzten Polarelektricitäten der auf diese Weise auch auf das Ungleichste abgetheilten, sich gegenüberliegenden, Hälften werden sich stets zu einander direct verhalten, wie die genannten beiden Hälften der Säule bestimmt durch die Zahl der diese bildenden homogenen Plattenpaare. Bei einer Batterie von 100 Plattenpaaren und einer Ableitung bei 33 von unten her, wo der Kupferpol sich befindet, wird das + E am Zinkende sich zu dem

— E am Kupferende merklich verhalten wie 2:1, und es wird überhaupt jeder der beiden Theile genau übereinstimmen mit einer für sich bestehenden Säule von gleicher Aufeinanderfolge der Plattenpaare und gleicher Anzahl derselben, die an dem gleichen Ende ableitend berührt worden wären.

Man nehme zwei vollkommen isolirte Säulen, jede von 100 Zinkkupferplatten in den Versuch. Man verbinde das + Ende der einen mit dem — Ende des andern. Plus und Minus verschwinden hier, völlige Indifferenz tritt ein, aber das — Ende der ersten wie das + Ende der zweiten Säule nimmt an Stärke zu, und kommt für jede auf das Doppelte; beide Säulen bilden eine, ihre 4 Pole sind reducirt auf zwei von doppelter Stärke, die beiden Nullpuncte auf einen, der an die correspondirende Grenze der beiden verbundenen Säulen tritt. Man sieht leicht ein, daſs die beiden Säulen sich in Beziehung auf einander nur wie Fortsetzungen verhalten, indem ihre Plattenpaare nach demselben Schema auf einander folgen, und daſs eben darum auch ihre Pole nun die doppelte Intensität haben müssen, da die Anzahl der Plattenpaare die doppelte geworden ist. Vier Goldblattelektrometer, welche mit den 4 Polen verbunden waren, machen die beschriebene Veränderung im Augenblicke, da die beiden Säulen mit zwei entgegengesetzten Polen communiciren, sichtbar. Auf gleiche Weise lassen sich drei solcher für sich bestehender Säulen zu Einer verbinden, die statt 6 Pole von einfacher Stärke, zwei von dreifacher und statt dreier Nullpuncte einen in der Mitte der zweiten Säule hat. Man übersieht leicht, wie die Verbindung von vier und überhaupt jeder beliebigen Zahl solcher Säulen ausfallen müsse, immer ist sie das Aequivalent einer einzigen Säule mit einer Anzahl von Plattenpaaren, die gleich ist der Summe aller Plattenpaare der verbundenen Säulen. Eine entgegengesetzte Wirkung auf die Spannung einer Volta'schen Säule hat die Combination derselben mit einer andern an ihren gleichnamigen Polen, oder die Vereinigung zweier Säulen, deren Platten von dem Orte der Verbindung ausgegangen, nach beiden Seiten in gleicher Ordnung auf einander folgen: wenn z. B. die beiden Säulen A und B nach demselben Schema aufgebauet sind, und entweder an ihrer unteren negativen, oder an ihren oberen positiven Polen durch einen Metallstreifen mit einander verbunden werden, aber sonst vollkommen isolirt sind. In diesem Falle wir-

Fig. 124.

ken die beiden Säulen nach der allgemeinen Regel auf einander, daſs die beiden mit einander zusammenstoſsenden Pole sich jedesmal so mit einander ausgleichen, daſs um den *halben Unterschied* der Spannung beider Pole die Spannung an dem einen schwächeren Pole wächst, und an dem andern, dem stärkern, abnimmt, und in demselben Verhältnisse auch die Spannung an den entgegengesetzten Polen beider Säulen, aber im umgekehrten Sinne, abnimmt und zunimmt, so daſs also der Spannungsunterschied der Pole jeder einzelnen Säule seiner Gröſse nach unverändert bleibt, wenn gleich auf diese Weise in ganz verschiedenen el. Werthen darstellbar, und der Spannungsunterschied der Endpole der ganzen, aus dem Zusammenstoſsen entsprungenen Säule gerade eben so groſs ist, als der Spannungsunterschied der Pole einer Säule, welche übrig bleibt, wenn man von der ganzen Anzahl der Plattenpaare die Anzahl derjenigen abzieht, deren Platten, wenn sie in einer Richtung verfolgt werden, im entgegengesetzten Sinne auf einander folgen. Auf diese Weise lassen sich mit Hülſe einer Ableitung an irgend einer Stelle, welche auch bei solchen Säulen ganz nach den oben entwickelten Gesetzen wirkt, Säulen darstellen, die an beiden Enden positiv oder an beiden Enden negativ, oder auch null sind, und es gilt hier vorläufig die Regel, daſs, von welcher Art die Spannungen der Endpole auch seyn mögen, die Säulen in Rücksicht auf diejenigen Wirkungen, bei welchen zunächst nur die Spannung, und so weit diese in Betracht kommt, namentlich bei der Ladung von Batterieen, sich ganz gleich verhalten, insbesondere gleich starke Ladungen von Batterieen hervorbringen, wenn der Spannungsunterschied ihrer Pole derselbe ist, in welchen besondern el. Werthen dieser Spannungsunterschied auch auftreten möge. Ritter hat sehr viele Beispiele solcher Volta'scher Säulen graphisch dargestellt [1]. Zur Erläuterung mögen hier einige dienen. Es sey eine Säule aus 600 Plattenpaaren in 4 einzelnen besonderen Säulen, jede von 150 Plattenpaaren, neben einander aufgeführt. Der Spannungsunterschied der Pole jeder einzelnen Säule werde 1 genannt. Werden die Säulen so mit einander vereinigt, wie es die Figur darstellt, und sind sie vollkommen isolirt, so wird, wenn vor der Vereinigung jede einzelne Säule an dem obern Ende $+\frac{1}{2}$ Fig. 125.

1 G. XIV. 39. Anm.

und an dem unteren Ende — ½ hatte, indem von unten nach oben sämmtliche Säulen so aufgebaut wurden, dafs die Zinkplatten auf den Kupferplatten lagen, nach der Vereinigung der beiden ersten Säulen mit ihren ungleichnamigen Polen die positive Spannung auf + 1, die negative auf — 1, nach der Vereinigung mit der 3ten Säule auf + 1½ und — 1½, und nach der Vereinigung mit der 4ten auf + 2 und — 2 für alle 4 Säulen, die nunmehro ein Ganzes bilden, gestiegen seyn. Berührt man in diesem Falle das positive Ende ableitend und bringt es auf 0 herab, so steigt das negative Ende auf das Maximum nämlich auf — 4, das Doppelte der früheren, umgekehrt bei ableitender Berührung des negativen Pols h, der seinerseits dadurch auf 0 gebracht wird, steigt der positive Pol a von + 2 auf + 4. Nun
Fig. 126. vereinige man aber mit den 3 ersten Säulen, die an ihren entgegengesetzten Polen mit einander communiciren und so ein homologes Ganzes bilden, die 4te Säule durch die gleichnamigen negativen Pole, so werden sich die Pole ausgleichen, der schwächere Pol g wird um den halben Unterschied der Spannung beider Pole d. h. um ½ wachsen und auf — 1 steigen, der ihm correspondirende Pol h wird nun ebensoviel, also von — ½ auf 0 sinken, dagegen wird der dem Pole f zugehörige Pol e um eben so viel steigen, als dieser in der Ausgleichung mit g gesunken war, also von + 1½ auf 2 gehen und der Spannungsunterschied der Endpole der ganzen vereinigten Säule wird = 2 seyn, ganz derselbe wie einer Säule von 300 Plattenpaaren, die übrig bleibt, wenn man von der Anzahl 600 aller Plattenpaare diejenige der Plattenpaare, die in Beziehung auf einander nach einer entgegengesetzten Ordnung gebauet sind, also die der Säule 3 und 4 = 300 abzieht. Berührt man nun den Draht t ableitend, so erhält das Ende h + 1 und das Ende a + 3, aber der Spannungsunterschied ist unverändert nur durch + dargetellt. Umgekehrt
Fig. 127. verhält sich alles, wenn die Säulen 1 und 2 mit ihren gleichnamigen positiven Polen verbunden wurden, und die Ableitung bei s angebracht ist. In diesem Falle sind beide Pole negativ, ihr Spannungsunterschied ist aber gleichfalls 2.

Versuche mit dem Condensator.

71. Eine andere Methode, die freie el. Spannung einer ganz offenen, oder wenigstens nur an dem einen Ende ableitend berührten Säule darzustellen, ist durch Hülfe des Condensators.

In diesen Versuchen zeigt sich die Säule schon auffallend als ein gleichsam unerschöpflicher Quell von E., indem man jeden Condensator von jeder beliebigen Capacität unter günstigen Umständen so weit laden kann, dafs er die el. Intensität der Pole in dem Verhältnisse seiner condensirenden Kraft gesteigert darstellt. Man bezeichne diese Kraft durch das Verhältnifs n : 1, womit angedeutet werden soll, dafs die Collectorplatte, wenn die obere Platte des Condensators mit dem Erdboden in Verbindung ist, während eine E. von beliebiger Spannung, die aus einem unerschöpflichen Quell dieser Platte zugeführt wird, ohne jedoch stark genug zu seyn, um durchbrechen zu können, diese Spannung n mal verstärkt zeigt, wenn die obere Platte aufgehoben wird. Um jede eigene galvanische Wirkung der Platten des Condensators mit den Platten der Säule zu beseitigen, bediene man sich hierbei solcher Condensatoren, deren Platten von Zink und Kupfer sind, so dafs mit der Zinkplatte der Säule jedesmal die Zinkplatte des Condensators, mit der Kupferplatte die Kupferplatte desselben in Berührung gebracht wird. Bringt man bei einer isolirten Säule den einen Pol mit der Collectorplatte des Condensators in Verbindung, während die obere Platte desselben ableitend berührt wird, so wächst die Spannung des andern Pols augenblicklich, und erreicht in dem Verhältnisse mehr das mögliche Maximum, oder steigt auf das Doppelte, in welchem die Capacität des Condensators selbst gröfser ist; dieser zeigt sich aber nur schwach geladen. Bringt man dagegen den einen Pol mit der Collectorplatte des Condensators, die auf ein passendes Elektrometer aufgeschraubt ist, und den andern Pol mit der andern Platte desselben in Verbindung, so zeigt sich nach aufgehobener Verbindung und Aufhebung der obern Platte des Condensators die doppelte Spannung, die der Pol der isolirten Säule an und für sich hat, und so viel mal gesteigert, als die condensirende Kraft des Condensators beträgt, oder wenn wir die Spannung des Pols m nennen, so zeigt sich jetzt in der Collectorplatte eine Spannung $\pm 2mn$, und eben so in der aufgehobenen Platte des Condensators, an einem correspondirenden Elektrometer geprüft, die Spannung $\mp 2mn$. Es versteht sich von selbst, dafs um diese Versuche mit Genauigkeit anstellen zu können, keine gröfsere Säulen als von höchstens 12 Plattenpaaren angewandt werden dürfen, wenn man noch durch Strohhalmelektrometer, die man unter sich und mit einem Goldblatt-

elektrometer vergleichbar machen kann, die Spannungen messen will, denn schon mit Condensatoren, deren condensirendes Vermögen 60 bis 100fach ist, würde man bei Säulen von 20 bis 30 Plattenpaaren in obigem Falle Spannungen erhalten, die weit über die Grenzen des Anschlagens der Strohhälmchen hinaus gehen. Für solche kleinere Säulen ist die Spannung m, die wegen ihrer Kleinheit nicht unmittelbar erkennbar ist, dem Gesetze gemäſs, daſs dieselbe in geradem Verhältnisse mit der Zahl der Plattenpaare stehe, nach der an einer Säule von 100 Plattenpaaren unmittelbar bestimmten Spannung in Anschlag gebracht. Werden die beiden Pole derselben Säule, deren Spannung m ist, gleichzeitig mit den Collectorplatten zweier Condensatoren, deren condensirende Kraft gleichfalls n sey, in Verbindung gesetzt, und berührt man ihre oberen Platten ableitend, so zeigen sich nach Aufhebung dieser Platten nicht die Spannungen 2 m n, sondern bloſs m n. Es tritt hier also ganz derselbe Fall wieder ein, den wir bei der Prüfung der el. Spannung eines einzelnen Plattenpaars durch den Condensator kennen gelernt haben. In beiden Fällen laden die Pole, die sich in dieser Hinsicht als ein unerschöpflicher Quell von E. von der bestimmten Spannung benehmen, welche sie selbst haben, die Collectorplatte des Condensators bis zu ihrer vollen Intensität m, in dem einen Falle aber ist die condensirende Kraft des Condensators, wenn die seiner Collectorplatte zugeführte E. m durch ihren gleichen Gegensatz, der aus einem gleichfalls unerschöpflichen Quell entspringt, gebunden wird, noch einmal so groſs, als wenn diese E. bloſs durch den, aus dem 0 der Erde zugeführten, Gegensatz gebunden wird. Nennten wir also die condensirende Kraft für diesen 2ten Fall n, so wird sie für den ersten Fall 2 n, und folglich müssen auch in jenen Versuchen die gleichen Spannungen m in dem Verhältnisse von n, und 2 n gesteigert erscheinen, d. h. in dem ersten Falle zeigt der Condensator 2 m n, in dem zweiten nur m n [1]. Wird der eine Pol ableitend berührt, so steigt bekanntlich die Spannung des andern Pols auf das Doppelte = 2 m. Auch in diesem Falle zeigt die Collectorplatte des Condensators, dessen obere Platte mit dem Erdboden in Verbindung gesetzt wird, nach dem Aufheben der letzteren eine Spannung = 2 m n. Unter diesen Umständen ist zwar die con-

1 Vergl. Jaeger's Abh. in G. XI. 400.

sendirende Kraft nur $= n$, aber die el. Intensität des Pols, die ohne geschwächt zu werden condensirt wird $= 2m$, also das Product gleichfalls $2mn$. Durch Hülfe des Condensators läfst sich besonders auffallend das Zunehmen der Spannung der auf einander folgenden Plattenpaare in einfacher arithmetischer Progression anschaulich darstellen. Nennen wir den el. Spannungsunterschied zwischen Zink und Kupfer 1, und also für 0 des Kupfers die positive Spannung des Zinks gleichfalls 1, und beträgt dieselbe an einem Strohhalmelektrometer $\frac{1}{60}$ Grad, soferne ein Condensator, welcher 60mal condensirt, sie von 1° zeigt, so wird sich bei Anwendung eines solchen gehörig regulirten Strohhalmelektrometers, dessen Grade (die aber begreiflich nicht mit den Graden des Kreises, von welchem die Strohhälmchen die Radien sind, zusammenfallen können) durch ihre Zahlenwerthe die Gröfsen der el. Intensitäten möglichst genau angeben, und eines Condensators, welcher 60mal condensirt, bei der Prüfung der el. Spannungen der auf einander folgenden Platten, indem die unterste Kupferplatte fortdauernd ableitend berührt, und die Platten nach der Reihe mit der Collectorplatte des Condensators in leitende Verbindung gebracht werden, die el. Spannung der 2ten Kupferplatte $= + 1°$, der 2ten Zinkplatte $= + 2°$, der 3ten Kupferplatte $= + 2°$, der 3ten Zinkplatte $= + 3°$ u.s.f. ergeben, woraus folgt, dafs diese Spannungen $\frac{1}{60}$ $\frac{2}{60}$ $\frac{3}{60}$ u.s.f. sind. Wird der Zinkpol ableitend berührt, so zeigen sich die negativen Spannungen in gleichem Verhältnisse wachsend. Man kann auch an einer isolirten Säule unmittelbar das Gesetz der Abnahme der Intensitäten in einfacher arithmetischer Progression von den beiden Polen aus nach der Mitte zu durch den Condensator darstellen, indem man von beiden Enden aus die in gleichen Entfernungen von ihnen liegenden respektiven Zink- und Kupferplatten, die eine mit der Collectorplatte, die andere mit der obern Platte des Condensators in Verbindung bringt. Durch Hülfe eines kräftigen Condensators kann man selbst aus Säulen von geringer Anzahl von Platten hinlänglich starke Zeichen von E. erhalten, um sie bei hellem Tage in sichtlichen Funken hervorbrechen zu sehen.

Unvollkommen geschlossene Säulen.

72. Der dritte Zustand, in welchem die elektroskopischen Verhältnisse der Säule betrachtet werden können, ist derjenige

der *unvollkommenen* oder *vollkommenen* Schliefsung derselben durch einen Leiter. Eine unvollkommene Schliefsung der Säule findet durch unvollkommene Leiter, wohin alle Flüssigkeiten oder galvanische Leiter der 2ten Classe gehören, eine vollkommene durch Metalle statt, welche die beiden Pole mit einander verbinden. Verbindet man die beiden Pole einer isolirten Volta'schen Säule, die aus einer hinlänglichen Anzahl von Plattenpaaren (wenigstens hundert) besteht, um die Blättchen eines Bennet'schen Elektrometers zu einer merklichen Divergenz zu bringen, durch eine zwischen ihnen ausgespannte, gut befeuchtete, hanfene Schnur, entladet die Säule durch einen Metalldraht, und bringt denselben gleichzeitig aufser Berührung mit den beiden Polen, so werden die Goldblättchen der Elektrometer, welche mit den beiden Polen in Berührung sind, und die während der Entladung zusammengefallen waren, in sehr kurzer Zeit wieder aus einander gehen, und bald ihre vorige Divergenz annehmen, so dafs also die Säule durch die hanfene Schnur so gut wie gar nicht entladen scheint. Berührt man nun den Theil der Schnur, welcher dem negativen Pole zunächst liegt, so wird die Divergenz des mit dem + Pole verbundenen Elektrometers zunehmen, und ihr mögliches Maximum, d. h. das Doppelte von der Spannung, welche der Pol der isolirten Säule hat, zeigen, wie in dem Falle, wenn man bei dieser den — Pol unmittelbar berührt, zugleich wird das mit dem — Pole verbundene Elektrometer seine Divergenz gänzlich verloren haben. Berührt man hingegen den Theil der Schnur, welcher dem + Pol näher ist, so steigt auf gleiche Weise die Spannung am — Pole auf ihr mögliches Maximum, und der + Pol sinkt auf 0. In der Mitte der Schnur giebt es einen Punct, den man berühren kann, ohne dafs die Spannung weder an dem einen, noch an dem andern Pole zu- oder abnimmt. Die Schnur hat also selbst zwei polare Hälften und einen Indifferenzpunct, was man auch noch weiter daran erkennt, dafs, wenn man die beiden Elektrometer an der Schnur nach der Mitte hinführt, erstere fortdauernd, jedes mit der seinem Pole angehörigen E., divergiren, jedoch mit abnehmender Intensität, so wie man sich der Mitte mehr nähert, wo sie für jedes $=0$ wird. Nimmt man die Schnur kürzer oder länger, so findet immer das nämliche Phänomen statt, nur verändern sich die Verhältnisse der polaren Theile unter sich.

Ein ganz ähnliches Verhalten zeigt auch jede Wassersäule,

durch welche die Verbindung zwischen den Polen gemacht wird, und in dieser Hinsicht haben besonders Erman's Versuche einige für die Theorie der Säule interessante Resultate geliefert [1]. An eine Glasröhre, welche zum Gasapparate bestimmt war, wurden von der Lampe drei Röhrchen als Tubulaturen angeblasen, Fig. 128. wovon eine E. gerade in der Mitte, die beiden andern C und D in gleichem Abstande von den Enden der Röhre sich befanden. Die Röhre wurde mit Brunnenwasser angefüllt, und zwei Platindrähte so hineingesteckt, dafs die Spitzen derselben 6 Z. von einander entfernt standen. Diese Drähte wurden mit den Polen einer sehr wirksamen Batterie von 200 Plattenpaaren verbunden, und zugleich an jedem Drahte ein hinlänglich empfindliches Goldblattelektrometer angebracht. Die Gaserzeugung war wenig lebhaft, und die Elektrometer zeigten beinahe dieselbe Divergenz, wie wenn sie mit den völlig isolirten Polen in Verbindung ständen. Bei der Berührung des Wassers mit dem Drahte im Tubulus C, welcher dem positiven Pole A zunächst war (im Originale steht, ohne Zweifel durch einen Druckfehler, mit einem wohl isolirten Drahte) vermehrte sich augenblicklich die Divergenz des Elektrometers an B, beinahe eben so stark, als hätte man den Pol A selbst berührt. Eine Berührung des Wassers im Tubulus D, welcher an den negativen Pol B angrenzte, benahm dem Elektrometer in B alle Divergenz, und erhöhte in gleichem Verhältnisse die Divergenz an A. Berührte man aber das Wasser im mittelsten Tubulus E, welcher von den beiden Batteriedrähten gleich weit abstand, so war an keinem der beiden Elektrometer eine Spur von vermehrter oder verminderter Divergenz zu bemerken. Diese polare Vertheilung der E. in der Wassersäule, vermöge welcher die eine Hälfte +, die andere − el. ist, zeigt sich auch noch als dieselbe, wenn man der Länge nach in die Wassersäule Drähte hineinbringt, welche Fig. 129. winkelrecht gebogen mit dem einen Schenkel aus den Tubulaturen hervorragen. Jeder dieser Drähte zeigt chemische Polarität, oder die beiden chemischen Pole, und zwar an dem Ende, welches dem Polardrahte gerade gegenüber steht, den entgegengesetzten chemisch-el. Pol, an dem abgewandten den gleichnamigen, und in der Mitte eine indifferente Zone, so dafs sich von dem Drahte A aus, welcher mit dem + Pole in Verbindung

1 G. VIII. 207 ff. u. X. 3.

steht, die chemischen Pole so auf einander folgen: Oxydpol des Drahtes A; Gaspol — indifferente Zone — Oxydpol; Gaspol — indifferente Zone — Oxydpol; Gaspol des Drahtes B, welcher mit dem —Pole in Verbindung steht. Das aus dem Apparate hervorragende Ende jedes Metalldrahts wurde am Elektrometer geprüft, und es fand sich, daſs C, als dem positiven Polardrahte der Batterie näher, auch positive Divergenz gab, und D, als dem negativen Polardrahte zu liegend, das Elektrometer negativ afficirte. Hier erfolgte also die Entwicklung des Wasserstoffgases an dem Theile eines Drahtes, welcher selbst freie + E zeigte, und das Ende eines Drahtes, welches selbst — el. war, verhielt sich wie ein + el. Polardraht. Man sieht aus diesen und vielen andern ähnlichen Versuchen, welche Erman in seiner Abhandlung beschreibt, daſs man die el.-chemische Polarisirung der Drähte wohl zu unterscheiden hat von der mit freier Spannung begabten E., welche noch nebenher an ihnen auftreten kann, oder die in Strömung begriffene E. von der elektroskopischen, welche als solche sich in Ruhe befindet.

Je geringer die Leitungsfähigkeit des flüssigen Leiters ist, welcher die beiden Pole der Säule mit einander verbindet, um so mehr kommt die freie el. Spannung derjenigen nahe, welche sie im vollkommen isolirten und ganz offenen Zustande der Säule zeigen, je gröſser diese Leitungsfähigkeit ist, um so mehr sinkt diese Divergenz. Alle Umstände, von welchen das Quantum der Leitung in dem flüssigen Leiter abhängt, werden also hier ihren Einfluſs ausüben. Da die Leitungsfähigkeit des Wassers, wie eines jeden flüssigen Leiters, im umgekehrten Verhältnisse der Ausdehnung der Länge nach, und im geraden Verhältnisse des Durchmessers der Säule der Flüssigkeit steht, die sich zwischen den Puncten befindet, von deren einem die E. zum andern geleitet werden soll, so begreift man, daſs die Nähe oder Entfernung der Polardrähte in derselben Gasentbindungsröhre den gröſsten Einfluſs auf die freie Spannung der Pole ausüben muſs. In einer Röhre von $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{4}$ Z. Durchmesser ist eine Entfernung der Drähte von 12 Z. schon hinreichend, die ganze Intensität der Pole herzustellen, die aber allmälig abnimmt, so wie sie einander genähert werden, und auf 0 herabsinkt, wenn sie eine oder ein Paar Linien von einander abstehen. Ist dagegen die Glasröhre einige Zolle weit, so ist selbst bei einer Entfernung von 12 Z. und darüber, keine Divergenz der mit den Po-

len verbundenen Goldblättchen mehr zu bemerken. Dafs bei gleicher Länge und gleichem Durchschnitte der flüssigen Säule die verschiedene Leitungsfähigkeit der Flüssigkeit von einem eben so grofsen Einflusse seyn müsse, versteht sich von selbst. So isolirt auch die dünnste Schicht von *Oel* die Verbindung der beiden Pole vollkommen, und bei der gröfstmöglichen Annäherung der im Oel angebrachten Polardrähte, ohne dafs es zur wirklichen Berührung kommt, erhält sich wenigstens bei Säulen von 100 bis 200 Plattenpaaren die el. Intensität der Pole ungeschwächt. *Alkohol* verhält sich in diesen Versuchen als ein etwa 6mal so schlechter Leiter wie destillirtes Wasser. Merkwürdig ist die so auffallende Vermehrung des Leitungsvermögens des Wassers durch einen sehr kleinen Zusatz eines Salzes, z. B. von Kochsalz. So sah Erman [1] in einem Falle, wo beim Abstande von 8 Z. der Polardrähte von Platin bei einer Säule von 200 Plattenpaaren im reinsten destillirten Wasser die Elektrometer die ungeschwächte Intensität der Pole zeigten, diese augenblicklich auf 0 herabsinken, und den Gasstrom der Platindrähte wenigstens auf das 6fache verstärkt, als er nur 6—8 Tropfen einer schwachen Auflösung von Kochsalz zu der Unze Wasser, die sich in der Gasröhre befand, hinzutröpfelte. Wenn aber auch in solchen Fällen, wo gut leitende Flüssigkeiten in einer geringen Ausdehnung in der Gasentbindungsröhre angewandt werden, die freie el. Spannung, so weit sie durch die empfindlichsten Elektrometer noch erkennbar ist, gänzlich aufgehoben wird, so ist darum die Säule an ihren Polen doch nie gänzlich auf 0 gesunken, wenn die E. der Flüssigkeit durch blofse Drähte zugeführt wird, denn man wird jedesmal durch den Condensator nach dem oben angegebenen Verfahren, indem man die Collectorplatte mit dem einen Polardrahte und die obere Platte des Condensators mit dem andern Polardrahte in Berührung bringt, noch einen sehr merklichen Rückstand von freier E. an den Polen wahrnehmen, welcher nach Verschiedenheit des Leitungsvermögens der Flüssigkeiten sehr verschieden ausfällt, und selbst zum Mafsstabe dieses Leitungsvermögens dienen kann.

Verbindet man nach Jäger [2] jeden Pol einer Säule leitend mit dem Erdboden, so ladet jeder (immer in einem besondern Versuche) den an ihm angebrachten Condensator, während die

1 G. X. 3.
2 G. XIII. 407.

obere Platte desselben mit dem Erdboden in Verbindung steht, mit seiner eigenthümlichen E., ihre Intensität ist aber nur dem *halben Maximum* gleich, mit welchem derselbe Condensator unter den dazu erforderlichen Bedingungen (Nr. 71.) an dieser Säule geladen werden kann. Sind jedoch die Leiter, durch welche die Pole mit der Erde verbunden werden, von verschiedener Güte, z. B. der eine trockenes Holz, der andere nasses Papier, so nähert sich die E. des schlechter abgeleiteten Pols mehr dem Maximum, die des besser abgeleiteten aber tritt unter die Hälfte des Maximums zurück. Erstere Behauptung ist indeſs in ihrer ganzen Strenge nicht richtig, einmal in der Hinsicht nicht, daſs, wie partiell auch die Schlieſsung, wie unvollkommen auch die Ableitung der Pole von beiden Seiten aus (die ja selbst nichts als eine solche partielle Schlieſsung ist) seyn mag, vorausgesetzt, daſs sie von beiden Seiten nur gleichmäſsig sey, die freie Spannung der Pole jedenfalls etwas abnimmt, und also auch die Ladung des Condensators nicht dieselbe Stärke erlangen kann, als wenn die Säule isolirt ist, und die an beiden Seiten zugleich angebrachten Condensatoren nunmehr das halbe Maximum zeigen, indem der Condensator in beiden Fällen nichts anders leistet, als *die jedesmal vorhandene Spannung im Verhältnisse seiner condensirenden Kraft verstärkt* zu zeigen; auſserdem aber ist sie auch in der Hinsicht nicht genau, in wiefern der Grad der Ableitung der Pole hierbei seinen Einfluſs äuſsert, welcher selbst sehr mannigfaltig seyn kann. Ritter bemerkt richtig [1], daſs alle partielle Schlieſsungen der Säule bis hinauf zur totalen, nichts als mehr oder weniger weit gehende Ableitungen derselben zu beiden Seiten sind. Ist der Boden eines Zimmers beständig der gleiche, und so trocken, als er es in einem reinlich gehaltenen Zimmer zu seyn pflegt, so fand er, daſs Menschen eine weit kräftigere Ableitung an den Polen der Säule als Eisendrähte bewirken und somit schon eher eine bemerklich werdende Schwächung der Spannung bei der Säule selbst hervorbrachten. Dasselbe geschah, wenn da, wo jeder Eisendraht den Boden berührte, Wasser einen nassen Fleck machte, ohne daſs diese Nässe am Boden beide Drähte unter einander wirklich verband; stärker wird die Schwächung der Pole, wenn die ganze Stelle des Bodens zwischen den beiden

1 G. XIII. 69. Anm.

Drähten nafs gemacht wird, eben so macht es einen Unterschied, ob man nur mit einem oder mehreren Fingern die Pole ableitend berührt, und ob dieses durch eine oder durch mehrere Personen geschieht. Die von allen diesen Umständen abhängigen Verschiedenheiten der Schwächung der Pole müssen sich jedesmal auch in den Ladungen des Condensators kund thun, die jedoch in keinem einzigen Falle das halbe Maximum, womit die vollkommen isolirte und an beiden Polen zugleich geprüfte Säule den Condensator ladet, erreichen kann.

Vollkommen geschlossene Säule.

73. Werden die beiden Pole der Säule durch einen Metalldraht mit einander verbunden, so ist die Säule im Zustande der vollkommenen Schliefsung und zeigt weiter keine Spur von freier, mit Spannung begabter E. nach aufsen, und auch durch die besten Condensatoren läfst sich durch das in Nr. 71 angegebene Verfahren keine Spur von Ladung erhalten. In einem solchen vollkommen geschlossenen Zustande wird auch eine Säule sich befinden, die statt in gerader verticaler oder horizontaler Linie geschichtet zu seyn, gleichsam einen Kreis bildet, in welchem die beiden Endplatten, die in jener die Pole bilden, unmittelbar an einander grenzen. Wird irgend eine Metallplatte einer solchen, zum Kreise in sich selbst geschlossenen, Säule leitend mit der Erde verbunden, so äufsern nach Jäger [1] alle andern Platten dieselbe E., die den Condensator laden kann, aber überall an allen Platten nur eine und eben dieselbe Intensität hat, und diese Intensität wächst auch nicht mit der Anzahl der Ketten, aus denen die Säule besteht, sondern ist in allen Säulen nur so grofs, als sie der prüfende Condensator von einem einzelnen Paare Metallplatten, welche leitend mit der Erde verbunden sind, auch erhalten kann [2]. Wird der prüfende Condensator mittelst eines isolirten feuchten Leiters an die zu untersuchende Platte gebracht, so erhält er an den Zinkplatten +, an den Kupferplatten aber —E. Wird er hingegen durch einen isolirten Metalldraht an die Platten applicirt, so erhält er, wenn er von Kupfer ist, überall nur —, und wenn er von Zink ist, überall nur +E. Letztere Bestimmung ist indefs nur unter der näheren Bedin-

1 G. XIII. 414.
2 Vgl. N. 6 u. 7.

gung gültig, dafs die Collectorplatte von *gleichem* Metalle mit dem verbindenden Drahte sey, denn ist sie von dem entgegengesetzten Metalle (Zink und Kupfer in diesem Sinne hier genommen), so findet gar keine Ladung statt; von den mit der Collectorplatte gleichnamigen Metallplatten und von den entgegengesetzten und also mit dem verbindenden Drahte gleichnamigen, dagegen ist sie dieselbe, die auch der Condensator sonst erhalten hätte, wenn jene Metallplatte in der Hand gehalten, denselben berühren würde.

Wird die Schliefsung der Säule wieder aufgehoben, so erscheint ihre ursprüngliche el. Spannung erst nach und nach wieder, und diese Wiedererneuerung ist um so langsamer, je länger die vorher gegangene totale Schliefsung gedauert hat. Dieser Einflufs der Dauer der totalen Schliefsung auf die Verlangsamung der Spannung wird um so merklicher, je länger die Säule selbst schon gestanden hat [1].

74. Die elektroskopischen Aeufserungen einer solchen Zink-Kupfersäule sind dieselben, von welcher Form und von welchen Dimensionen nach jeglicher Richtung auch die Metalle seyn mögen, wenn nur der feuchte Zwischenleiter seiner Beschaffenheit nach derselbe bleibt. Eine Säule, deren Platten nicht mehr als eine Linie im Durchmesser haben, ladet bei derselben Anzahl von Schichtungen den Condensator eben so stark, als eine Säule, deren Platten einen Durchmesser von mehreren Zollen, ja Schuhen, haben; nur wird in letzterem Falle der Condensator, besonders wenn er eine grofse Capacität hat, merklich schneller geladen, wenn der feuchte Zwischenleiter eine gleich grofse Oberfläche hat. Auch theilen die Säulen von jeder Gröfse der Oberfläche ihrer Platten, bei sonst gleicher Beschaffenheit derselben und des feuchten Zwischenleiters, einem Elektrometer die ganz gleiche Spannung von jedem ihrer Pole aus mit, wenn der entgegengesetzte ableitend berührt wird. Bei demselben feuchten Zwischenleiter äufsert die Verschiedenheit in allen den Umständen, welche das Quantum der el. Leitung durch denselben bestimmen, also in der Gröfse der Berührungsfläche mit den Metallen, in der Dicke der Schicht, die er bildet u. s. w. nicht den geringsten Einflufs auf die elektroskopischen Wirkungen. Selbst die verschiedene Qualität des feuch-

1 Vergl. Ritter in G. VIII. 458. 460.

ten Zwischenleiters afficirt innerhalb gewisser Grenzen diese Aeufserungen nicht, wenn nämlich die feuchten Zwischenleiter an und für sich mit den Metallen eine, verglichen mit derjenigen der Metalle unter sich, nur sehr schwache und sich merklich gleiche el. Erregung eingehen. Das reinste destillirte Wasser und die Auflösungen der verschiedenen Neutralsalze von dem verschiedensten Grade der Concentration verhalten sich in dieser Hinsicht auf eine merklich gleiche Weise. Nur Flüssigkeiten von einer bedeutenden elektromotorischen Kraft äufsern auf die elektroskopischen Aufserungen einer solchen Säule einen auffallenden Einflufs, und können nach Umständen selbst die Lage der Pole umkehren (s. u.). Endlich ist noch zu bemerken, dafs eine solche Zink-Kupfersäule, die mit gehörig angefeuchteten Papp- oder Tuchscheiben geschichtet worden ist, ihre elektroskopischen Erscheinungen mehrere Tage hindurch so gut wie ungeschwächt zeigt, und auch dann noch im Stande ist, den Condensator auf das Maximum zu laden, wenn sie bereits aufgehört hat, auf eine merkliche Weise chemische, physiologische und magnetische Erscheinungen hervorzubringen [1].

75. Auf dieselbe Weise, wie aus Zink und Kupfer, können auch Säulen aus jedem andern beliebigen Paare von trockenen Erregern, durch einen feuchten Leiter unterbrochen, erbaut werden, und alle Bestimmungen in Ansehung ihrer elektroskopischen Aeufserungen gelten auch auf gleiche Weise von ihnen, und zwar im Allgemeinen nach der Regel, dafs von den beiden Erregern der in der Spannungsreihe dem positiven Ende näher liegende die Rolle des Zinks, der negative die Rolle des Kupfers hierbei übernimmt, und die elektrische Polarität bei derselben Anzahl von Schichtungen in demselben Verhältnisse schwächer ist, in welchem ihr el. Spannungsunterschied unter einander geringer ist, als der zwischen Zink und Kupfer. Ist jedoch die el. Erregung zwischen den beiden trockenen Erregern nur schwach, oder stehen sie einander in der Spannungsreihe sehr nahe, und wendet man einen feuchten Leiter an, der mit einem der beiden Erreger eine starke el. Spannung giebt, die in einem entgegengesetzten Sinne von derjenigen der trockenen Erreger wirkt, so fällt wohl auch die Vertheilung der Elektricitäten in die Säule auf eine entgegengesetzte Weise aus, so dafs nämlich

1 Vergl. *Säule, trockene.*

die negative Polarität auf die Seite des positiven Erregers, die positive dagegen auf die Seite des negativen fällt. So zeigt eine Eisen-Kupfersäule mit einem feuchten Zwischenleiter aus Wasser oder einer Auflösung der meisten Neutralsalze, wie Kochsalz, Salmiak, Salpeter, Glaubersalz u dgl. die negative E. nach der gewöhnlichen Regel auf Seiten des Kupfers, die positive auf Seiten des Eisens. Wendet man aber Papp- oder Tuchscheiben, die mit einer gesättigten Pottaschenlauge getränkt sind, als Zwischenleiter an, so findet die entgegengesetzte Vertheilung der Pole statt. Dieselbe Wirkung äufsert in einer solchen Kupfer-Eisensäule noch viel auffallender liquide Schwefelleber nach Davy's Versuchen [1]. Vermöge eines Multiplicators läfst sich übrigens am sichersten die jedesmalige Vertheilung der Pole in einer Säule, die aus beliebigen zwei trockenen Erregern, und irgend einem feuchten Leiter aufgebaut ist, bestimmen, wenn man erst die Art der Abweichung der Magnetnadel ausgemittelt hat, welche statt findet, wenn die beiden Enden des Multiplicators mit einer Zink- und Kupferplatte verbunden sind, zwischen welchen sich eine mit Kochsalzlauge getränkte Pappscheibe befindet; und man diesen Platten die beiden trockenen Erreger substituirt, zwischen denen der mit ihnen zu combinirende feuchte Leiter interpolirt ist, so wird in einer aus diesen beiden trockenen Erregern und dem feuchten Leiter auf gleiche Weise, wie oben aus Zink und Kupfer zu erbauenden Säule, derjenige Erreger sich wie Zink verhalten, oder den positiven Pol auf seiner Seite haben, der an der Stelle des Zinks in dem Versuche mit dem Multiplicator dieselbe Abweichung gab, wie das Zink. Bei entgegengesetzter Abweichung der Magnetnadel verhält sich der an der Stelle des Zinks befindlich gewesene trockene Erreger vielmehr wie Kupfer, und auf seine Seite fällt die negative Polarität.

Es sind die meisten Metalle mit einander zu Säulen combinirt worden, namentlich hat Haldane Volta'sche Säulen aus *Zink*, verbunden mit *Gold*, *Silber*, *Eisen*, *Kupfer*, *Blei*, *Zinn*, *Quecksilber*; ferner aus *Eisen*, verbunden mit *Gold*, *Silber*, *Kupfer*, *Blei*, *Zinn*, *Quecksilber*; aus *Blei*, verbunden mit *Gold*, *Silber*, *Kupfer*, *Zinn*, *Quecksilber*; aus *Zinn*, verbunden mit *Gold*, *Silber*, *Quecksilber*; aus *Kupfer*, ver-

1 G. XIII. 429.

bunden mit *Gold*, *Silber* und *Quecksilber*; endlich aus *Silber Gold* erbaut [1]. Bei keiner derselben stellte zwar HALDANE directe elektroskopische Untersuchungen an, aber nach der Art der Vertheilung der chemischen Pole zu schlieſsen, die sich stets nach den elektrischen richten, bestätigte sich durch diese Versuche jene oben aufgestellte allgemeine Regel vollkommen. Nur das Blei und Zinn schienen mit dem Eisen eine Ausnahme zu machen, indem der positive Pol auf Seiten des Eisens zu liegen schien, da sich an keinem der Drähte der Gasentbindungsröhre Gasblasen und nur an dem Drahte der Eisenseite einige Wölkchen im Wasser zeigten. DAVY [2] setzte unter der Form eines Becherapparats eine wirksame Säule aus Zink und Holzkohle zusammen, aus welcher auch später gewöhnliche Säulen errichtet worden sind. Ebenso lassen sich sehr kräftige Säulen aus Zink mit Reissblei und Graubraunsteinerz zusammensetzen [3].

76. Die zweite Hauptclasse von Säulen ist diejenige aus einem Erreger der ersten und zweien der zweiten Classe. Alle el. Erscheinungen zeigen sich auch hier auf dieselbe Weise und nach demselben Gesetze, wie bei den Säulen der ersten Classe, und die Art der Vertheilung der Pole läſst sich am sichersten und einfachsten durch das Verhalten der einfachen Kette aus solchen drei Körpern, deren Vielfaches die Säule ist, in elektromotorischer und chemischer Hinsicht bestimmen. Hat man nämlich auf die oben beschriebene Weise durch Hülfe des Multiplicators, mit dessen Enden auf jeder Seite der trockene Erreger in Form einer Platte verbunden ist, zwischen welchen beiden Platten sich die beiden feuchten Erreger h und h′ gleichfalls in Form von Scheiben aus Pappe oder Tuch, die damit getränkt sind, befinden, bestimmt, in welcher Richtung der positive (oder im Sinne der Franklin'schen Theorie der einseitige) el. Strom geht, und nennt denjenigen feuchten Leiter den negativen, von welchem aus dieser Strom nach dem andern geht, letzteren dagegen, der ihn empfängt, und ihn seinerseits selbst wieder an das Metall abgiebt, den positiven, so wird, wenn man die Säule so bauet, daſs auf die Metallplatte die bei-

1 G. VII.

2 Ebend. VIII. 310. 311.

3 S. *Säule, Volta'sche.*

den feuchten Leiter geschichtet sind, der positive Pol dahin liegen, wohin der so bezeichnete positive feuchte Leiter gerichtet ist, der negative hingegen nach der Seite des negativen feuchten Leiters hinfallen. In diesem Falle legt man als das Element der Säule M h h (M h' h) zum Grunde; sieht man aber als das Element der Säule h M h' (h' M h) an, so muſs die Bestimmung der Pole gerade auf die entgegengesetzte Weise geschehen. Geht man in dieser letzten Bestimmungsart von den beiden Metallflächen aus, wovon jede mit einem der feuchten Leiter in Berührung ist, so wird der positive Pol nach demjenigen Ende hin liegen, nach welchem die in der einfachen Kette allein oder am meisten oxydirte Metallfläche hingerichtet ist, und der negative derjenigen Fläche gegenüber stehen, welche gar nicht oder am wenigsten oxydirt wird. Doch bleibt letztere Bestimmungsart unsicher, weil sich die oxydirenden Kräfte verschiedener Flüssigkeiten nicht immer vergleichungsweise genau bestimmen lassen, und in einigen Fällen eine andere Art von chemischer Einwirkung (die chemische Thätigkeit des Schwefels, Chlors u. s. w.) den Werth der Oxydation hat.

Vorzüglich wirksam zur Bildung solcher Säulen ist die Schwefelleber mit verschiedenen Metallen, namentlich mit Silber, Kupfer, Blei, die andere Flüssigkeit mag nun bloſses Wasser, irgend eine salzige Lösung in diesem, oder eine verdünnte Säure seyn [1]. Man kann zu diesem Behuf Tuchscheiben mit den Flüssigkeiten tränken, und wenn man eine Schwefelleberauflösung und eine verdünnte Säure nimmt, die mit mehreren Metallen besonders wirksame Säulen geben, so muſs man die mit ihnen getränkten Tuchscheiben durch eine mit einer Salzauflösung, z. B. von schwefelsaurem Kali, getränkte Scheibe trennen, um die unmittelbare Wirkung zweier Flüssigkeiten auf einander zu hindern, wodurch die Wirkung solcher Säulen sonst schnell vernichtet würde. Bei solchen Säulen liegt der positive Pol stets auf derjenigen Seite, nach welcher die mit der Schwefelleber in Berührung befindliche Metallfläche hingekehrt ist, und die mit der auſserhalb der Kette mehr oder eigentlich ausschlieſsend oxydirenden Flüssigkeit, z. B. mit der verdünnten Salpetersäure in Berührung befindliche Metallfläche, wird in der durch Schlieſsung zur fortdauernden Wirksamkeit gebrachten Säule

1 Davy in G. XI. 392.

nicht oxydirt, da sie dem negativen Pole zugekehrt ist, sondern giebt vielmehr Hydrogengas. Die elektroskopischen Verhältnisse solcher Säulen habe ich nach dem oben angegebenen Verfahren (Nr. 71) durch den Condensator bestimmt [1]. In Ansehung der el. Intensität der Pole folgten die trockenen Erreger einander nahezu in der Ordnung der Spannungsreihe und zwar so, daſs dieselben eine um so stärkere Wirkung gaben, je näher sie dem negativen Ende derselben zu liegen, doch übertrifft das *Silber* in dieser Combination alle übrigen Metalle. Bei mehreren solchen Säulen aus einem Metalle und zwei Flüssigkeiten, namentlich aus Kalkmilch und Wasser, aus Schwefelleber und Wasser, zeigte sich der negative Pol bedeutend stärker als der positive, auch kehren sich bisweilen die Pole solcher Säulen in Folge der auffallenden chemischen Veränderung, welche das Metall erleidet, um.

77. Auch Säulen aus bloſsen Erregern der zweiten Classe haben einige Physiker darzustellen gesucht, deren Ausführbarkeit man nach dem Vorhandenseyn von wirksamen einfachen Ketten aus bloſsen feuchten Erregern allerdings erwarten konnte. Ob die el. Organe der el. Fische als solche natürliche Säulen betrachtet werden können, darüber ist unter dem betreffenden Artikel bereits gehandelt worden. Der Versuch Configliachi's [2] welcher aus den getrennten Organen einiger Zitterrochen Säulen errichtete, die mehrere Minuten sehr wirksam waren (ohne Zweifel durch Ertheilung von Schlägen) wenn er sie einige Zeit der Wirkung einer gewöhnlichen Säule aus Zink- und Kupferplatten ausgesetzt hatte; würde dieselbe mehr in die Kategorie der zweigliedrigen Ritter'schen Ladungssäulen, als der eigentlichen Säulen bringen. La Grave [3] will durch abwechselnde Scheiben von Fleisch (aus den Lenden und Intercostal-Muskeln eines menschlichen Leichnams), dünne Scheiben der Gehirnmasse desselben Leichnams, und Holzscheiben, die mit Salzwasser genäſst waren, deren Aufbauung er durch Fäden an Glassäulen geknüpft, welche als Unterlagen dienten, zu Stande brachte, ohne daſs die Hirnmasse durch die Last der obern Schichtungen herausgepreſst wurde, eine Säule errichtet haben, die

1 Gehlen's J. V. 101.

2 Ebend. IV. 657.

3 G. XV. 230.

bei der 50sten Schichtung anfing die Geschmacksorgane zu afficiren und bei der 60sten Schichtung unverkennbare Wirksamkeit zeigte. Von der Vertheilung der Pole ist indeſs nichts näheres angegeben. Buntzen glaubt eine solche galvanische Batterie aus bloſsen präparirten Froschschenkeln zu Stande gebracht zu haben. Um die Berührungsfläche zwischen der eigentlichen Nervensubstanz und den Muskeln zu vergröſsern, und das Hinderniſs, das das Nevrilema in der Fortleitung der el. Strömung machen soll, soviel möglich zu beseitigen, wurden die Nerven in so schiefer Richtung, wie möglich überschnitten. Zwölf so präparirte Froschextremitäten wurden durch fungus Agaricus, den man vorher in Salmiakauflösung getaucht hatte, in folgender Ordnung: Nerve, Muskel, Schwamm, Nerve, Muskel u. s. w. mit einander vereinigt, so daſs das eine Ende mit dem Nerven anfing, das andere mit dem Muskel endigte. Wurden nun diese beiden Enden entweder durch einen silbernen Faden oder durch das Fleisch einer jungen Katze mit einander in Verbindung gebracht, so entstanden Contractionen in allen jenen Schenkeln, ausgenommen in zweien, und zwar sowohl bei der Schlieſsung als Oeffnung der Kette. Dr. Boromio zu Mailand wollte aus 60 Scheiben von Nuſsbaumholz, zwei Zoll im Durchmesser, die mit einem ausstehenden Rande von etwa 15 Lin. Höhe versehen und eine geraume Zeit in Essig gelegt waren, eben so vielen etwas kleineren Scheiben von rothen Rüben und ähnlichen aus Rettig, wobei noch in die Höhle der Nuſsbaumscheiben eine Auflösung von Weinstein in Essig gegossen wurde, und an deren unterster Scheibe ein Blatt von Löffelkraut, und an der obersten ein Streifen von doppeltem in Weinessig getränkten Löschpapier angebracht war, eine Säule errichtet haben, durch welche ein Froschpräparat das durch sein Rückenmark mit dem Löffelkraut, und durch seine Muskeln mit dem Löschpapier in Berührung stand, Zusammenziehungen zeigte, aber die galvanische Societät in Paris konnte so wenig diesen Erfolg als eine Spur von E. durch Marechaux's Elektro-Mikrometer erhalten [1].

78. Die zweigliedrigen Säulen sind zuerst von Zamboni erfunden worden [2]. Er setzte erst eine Säule von 20 kleinen Vierecken von bloſsem Silberpapier zusammen, so daſs die me-

1 G. XXII. 315.

2 Ebend. LX. 163.

tallischen Flächen alle nach unten gekehrt waren und brachte das obere Ende der Säule, wohin die unbelegte Fläche des Papiers gerichtet war, mit der Collectorplatte eines guten Condensators in Berührung, während das untere Ende mit dem Fufsboden verbunden war. Es zeigte sich nach etwa einer halben Minute am Elektrometer eine Spannung von ungefähr 0,75 Z. und zwar positiver Art. Dabei sah Zamboni die Spannung zunehmen, je mehr er Paare hinzufügte. Er fand jedoch die el. Verhältnisse einer solchen zweigliedrigen Säule sehr veränderlich. Eine solche Säule, die am Morgen sehr kräftig wirkte, war am Abend unwirksam; 50 Platten von einer Sorte Silberpapier gaben an einem Tage nicht den Grad von Spannung, den in demselben Augenblicke 10 Platten einer andern Sorte Silberpapier erzeugten, feuchte oder trockene Luft schienen die eine Säule zu beleben, die andere zu ertödten. Ja er sah sogar die Polarität sich umkehren, indem der negative Pol an der Metallseite sich zeigte, während zu derselben Zeit von verschiedenem Silberpapier gebaute Säulen ihre Pole in entgegengesetzter Lage hatten. Um die Feuchtigkeit, welche ihren Einflufs hierbei entschieden äufserte, auf einem festen Puncte zu erhalten, bestrich er das Silberpapier auf seiner Papierseite mit Honig, bis es ganz damit durchdrungen war. Nun theilte zwar die Säule dem Condensator ihre E. schneller mit, aber ihre Spannung war viel geringer, denn es bedurfte einer 4 bis 5 mal gröfseren Anzahl von Papierscheiben, um dieselbe Spannung wie zuvor zu entwickeln. Dabei zeigte sich die Honigfläche positiv und die Metallfläche negativ, ohne dafs diese Polarität sich je umkehrte. Den Tag darauf fand er die el. Spannung dieser Säule nahe daran gänzlich zu erlöschen. Er leitete dieses von dem Durchdrungenwerden selbst der Poren des Metallblättchens durch die Feuchtigkeit ab, wo also diese von oben und unten gleichmäfsig mit der Metallfläche in Berührung kam, und auf diese mit gleich starken aber entgegengesetzten Kräften wirkte, die sich also aufheben mufsten. Da das Lüften der Metallblättchen ihre Wirksamkeit wieder herstellte, wovon er die Wirkungsweise darin suchte, dafs es die Anzahl der Berührugspuncte der einen Metallfläche mit dem feuchten Körper verminderte, und mit der Ungleichheit der Berührungsfläche die Spannung wieder herstellte, so wurde er dadurch auf das eigentliche Schema dieser zweigliedrigen Kette geleitet, das in der geometrischen Verschiedenheit der

Berührungsflächen eines und desselben Erregers der ersten Classe mit einer und derselben Flüssigkeit besteht. Aus seinen Versuchen zog nämlich Zamboni den allgemeinen Schlufs, dafs von der Seite, wo die Metallfläche in mehreren Puncten mit der Flüssigkeit in Berührung kommt, die el. Strömung das Uebergewicht habe. In der oben erwähnten Säule soll sich die Feuchtigkeit des Honigs, nachdem sie das Papier durchdrungen hat, an die innere Fläche des Metallblättchens anhängen, dieselbe in einer gröfseren Anzahl von Puncten berühren und so als Elektromotor wirken, indem sie die E. aus dem Metalle an sich zieht, d. h. positiv mit demselben wird, indefs die Feuchtigkeit der äufsern Oberfläche des unbelegten Papiers die Metallfläche des über ihm liegenden Papiers in einer geringeren Anzahl von Puncten berührt, folglich aus wenigeren Puncten die E. anziehen kann, und den Ueberschufs der ersteren blofs fortleitet. In den Säulen dagegen, welche blofs aus einfachem Silberpapier zusammengesetzt sind, kann die Feuchtigkeit in der Rückseite des Papiers, sey es durch hygrometrische Einwirkung der Luft, oder durch eine eigenthümliche Beschaffenheit des Papiers, gröfser sey, als diejenige, welche sich an die innere Fläche des Metallblättchens angehängt hat, und dann mufs sich der el. Strom in einer der vorigen entgegengesetzten Richtung bewegen. Diese Erklärung findet Zamboni auch dadurch bestätigt, dafs eine Säule aus Silberpapier, dessen Rückseiten er auf einander geleimt hatte, selbst nachdem sie trocken geworden war, nicht die allergeringste Spur von E. gab. Die volle Bestätigung gewährte endlich die Ausführung einer solchen Säule aus reinem Metall und Wasser. Es wurden zu dem Ende aus Stanniol, der auf beiden Seiten auf das glätteste polirt war, Vierecke von ¼ Z. Seite, die jedes in einen höchst feinen 2 bis 3 Z. langen Schwanz ausliefen, geschnitten, 30 Uhrgläser in einen Kreis gestellt und alle bis zu einer gewissen Höhe mit destillirtem Wasser gefüllt; darauf wurde in das erste Uhrglas einer dieser Stanniolstreifen so hineingelegt, dafs das Viereck sich ganz darin befand, der Schwanz aber über den Rand dieses und des nächstfolgenden Glases herüberging, und mit seiner Spitze das Wasser des zweiten Glases berührte, in diesem lag auf dieselbe Weise das zweite viereckige Blättchen, dessen Schwanz eben so in das dritte Glas hinüberreichte, und so ging es auf dieselbe Weise fort bis zum 30sten Glase. Es wurde dann ein zweiter Apparat

ganz auf ähnliche Weise aus 30 Gläsern mit Stanniolblättchen und destillirtem Wasser zusammengesetzt, nur mit dem einzigen Unterschiede, dafs die Stanniolblättchen längliche Vierecke bildeten, und jedes mit seinen beiden äufsersten Seiten gleich tief in das Wasser der beiden Gläser eintauchte, so dafs in jedem Glase das Wasser auf beiden Seiten mit zwei gleichen und ähnlichen Metallflächen in Berührung stand. Als beim ersten Apparate die Collectorplatte des Condensators ½ Minute lang mit dem Wasser des ersten Glases in Berührung erhalten worden war, während das Wasser des letzten Glases mit dem Erdboden in Verbindung gestanden hatte, zeigte sich am Elektrometer eine positive Spannung, bei ableitender Berührung des ersten Glases und Prüfung des letzten eine negative. An dem zweiten Apparate war auch nicht die geringste Spur von el. Spannung zu bemerken; ganz so wie Zinn verhielt sich auch Zink. Zamboni bemerkt, dafs die el. Spannung nicht sogleich nachdem der Apparat zusammengesetzt ist, zum Vorschein kommt, sondern erst nach einigen Minuten, und so stufenweise wächst, bis sie endlich zu ihrem Maximum gelangt. Um dem daher genommenen Einwurfe zu begegnen, dafs die el. Ladung dieser Säule nicht von der verschieden starken Wirkung der ungleichen Oberflächen eines und desselben Metalls, sondern von der Bildung eines Oxyds abhänge, wozu einige Zeit erst erforderlich sey, welches Oxyd nämlich mit dem noch metallischen Zinke wie ein — Metall mit einem + Metalle wirke, erinnert Zamboni, dafs bei der Anwendung von Zinn sich auch nach einigen Tagen nicht die geringste Spur von Oxyd bemerken liefs, und die el. Spannung doch immer dieselbe blieb, während sie sich beim Zinke in demselben Grade verminderte, in welchem das Oxyd zunahm, dafs ferner, da an beiden Enden der Metallstreifen dem breiten und schmalen, sich gleichzeitig Oxyd bildete, die Wirkungen sich von beiden Seiten hätten aufheben müssen, sofern man nämlich den hier zur Sprache gebrachten Einfluſs der Gröſse der Berührungsfläche der Erreger mit der Flüssigkeit nicht zugeben will, und dafs endlich, wenn die el. Spannung von der gebildeten Oxydschicht abgehangen hätte, die Vertheilung der Pole gerade die umgekehrte hätte seyn müssen, da das Oxyd mit dem metallischen Zinke negativ, dieses damit positiv wird. Wirklich stellte Zamboni auch eine solche Säule aus blofsem Zinke, nachdem sich die Enden desselben im Wasser oxydirt hatten, dar,

indem er das eine oxydirte Ende abschnitt, so daſs auf dieser Seite das Zink mit einer metallischen Fläche mit dem Wasser in Berührung kam, und auf der andern Seite das oxydirte Ende gleich tief in das Wasser eintauchte. In diesem Falle war die Vertheilung der Pole dieser wahrhaft dreigliedrigen Säule, wie sie nach der gewöhnlichen Regel seyn muſste, indem der negative Pol nach dem oxydirten, der positive nach dem metallischen Ende hinfiel.

Für die weitere Erklärung der Wirkungsart der zweigliedrigen Säule, und eben damit für die Theorie des verstärkten Galvanismus überhaupt sind auſser der Langsamkeit der ersten Ladung auch noch folgende von Zamboni beobachtete Thatsachen wichtig: a. daſs wenn man in dem Zeitpuncte, in welchem jener Apparat das Maximum der Spannung erhalten hat, den Condensator ladet, bei unmittelbarer Wiederholung dieses Versuchs eine lange dauernde Berührung nöthig ist, um die vorige Spannung hervorzubringen, und bei mehrmaliger Wiederholung des Versuchs hinter einander nach gleich langer Berührung mit dem Condensator die el. Spannung sich jedesmal geringer zeigt, bis sie endlich ganz verschwindet und sich erst nach einigen Minuten wieder in den ersten Zustand setzt. b. daſs wenn bei Zusammensetzung des Apparats so verfahren wird, daſs man zuerst bloſs die Vierecke (die breiten Seiten) in das Wasser legt, die Schwanzenden der Metallblättchen aber alle isolirt in der Luft läſst, und erst einige Minuten später in die oben angegebene Verbindung mit dem Wasser bringt, sich die el. Spannung mit ihrem Maximum sehr bald und viel früher zeigt, als wenn man die Säule schnell aufbauet, indem man die Gläser nach der Reihe unter Eintauchen der Blättchen mit beiden Enden an einandersetzt. c. daſs wenn man das Leitungsvermögen des Wassers für E. durch Hinzufügung einiger Tropfen Salmiakauflösung vermehrt, die el. Spannung viel an Geschwindigkeit mit der sie sich einstellt und dem Condensator seine Ladung mittheilt, und auch etwas an Stärke gewinnt, daſs aber, so wie jener Zusatz von Salmiakauflösung vermehrt wird, die el. Spannung zwar einen weitern Zusatz an Geschwindigkeit erhält, dagegen die Gröſse der Spannung anfängt etwas abzunehmen, und so bei fortgesetztem Zusatze die Geschwindigkeit stets auf Kosten der Gröſse der Spannung sich zu vermehren scheint, bis endlich die Spannung ganz ausbleibt, woraus Zamboni den Schluſs zieht,

dafs neben der Ungleichheit der Oberflächen ein unvollommenes Leitnngsvermögen des feuchten Zwischenleiters eine wesentliche Bedingung zur Bildung einer zweigliedrigen Säule sey, und als allgemeines Gesetz für dieselben aufstellt, dafs die Gröfse der el. Spannung im umgekehrten Verhältnisse der Geschwindigkeit stehe, mit welcher die Spannung erfolgt, und dafs, wenn die Geschwindigkeit ihren höchsten Grad erreicht, jene gänzlich erlöscht. Zamboni setzte einen ähnlichen Apparat wie aus Zink und Zinn, aus Kupferblättchen zusammen; nach einigen Stunden entwickelte sich eine schwache el. Spannung, etwa die Hälfte der durch Stanniol erhaltenen; aber die Vertheilung der Pole war die entgegengesetzte. Auch in einer Säule, welche aus Goldpapier (dessen auf das Papier aufgedrückte Metallblättchen von Kupfer sind) eben so aufgebaut wurde, wie jene oben beschriebene aus Silberpapier, zeigte sich die Vertheilung der Pole entgegengesetzt wie in dieser, die Kupferseite positiv, die Papierseite negativ, auch kehrten sich die Pole dieser Säule niemals um, selbst dann nicht, wenn Zamboni die Feuchtigkeit des Papiers durch Honig vermehrte.

Erman bestätigte die Existenz der zweigliedrigen Säule durch seine Versuche vollkommen [1]. Eine Säule von 1100 Scheiben sogenannten Goldpapiers lud, wenn sie isolirt war, den Condensator an jedem Ende entgegengesetzt, hatte ihren Indifferenzpunct gerade in der Mitte, und ableitende Berührung des einen Pols brachte jedesmal den entgegengesetzten Pol auf ein gröfseres Maximum; ja schon 30 Schichten gaben einen deutlichen Ausschlag. Eben so verhielt sich eine Säule überzinntes Papier (Silberpapier). Die Umkehrung der Pole sah Erman bei dieser Säule sehr selten, ohngeachtet er seine Säulen zwei Monate hindurch beobachtete. Nur sah er die Spannung allmälig abnehmen, und endlich ganz erlöschen. Höchst auffallend war hier, wie bei allen trockenen Säulen [2], der Einflufs der Temperatur. Man brauchte die Säule von 1100 Schichtungen nur $\frac{1}{4}$ Stunde lang dem Sonnenlichte auszusetzen, so lud sie das Elektrometer unmittelbar ohne Condensator bis zum Anschlagen der Blättchen, und ihre Spannung stellte sich auffallend schnell wieder her. In der gewöhnlichen Temperatur brauchte man dagegen mit ei-

1 G. LXIV. 45.

2 S. *Säule*, *Zamboni'sche.*

nem guten Condensator über 5 Minuten, um bei dieser durch die Dauer sehr geschwächten Säule die erste Spur einer Divergenz an dem Elektrometer wahrzunehmen. Erman fand für beide Arten von Säulen den Pol, nach welchem die Metallfläche lag, gleichmäfsig positiv, den Pol der Papierseite negativ. Die zweite Art solcher zweigliedrigen Säulen setzte Erman aus 30 Gläsern zusammen, wovon jedes ungefähr ein Pfund Wasser enthielt gleichsam einen Becher-Apparat, aber mit bloſsem Zink, das aber das Wasser an seinen beiden Enden mit sehr verschiedenen Flächen berührte, von 29 Quadratzoll die eine, von 2 Quadratlinien die andere. Vermittelst zweier Condensatoren erhielt er Divergenzen von 5—6° am Volta'schen Strohhalmelektrometer, wenn der jedesmalige entgegengesetzte Pol ableitend berührt wurde, schon einige Minuten nach Errichtung des Apparats. Eben so verhielt sich ein Becherapparat aus 30 Schalen zusanmmengesetzt, bei welchem die Zinkscheiben nur einen Quadratzoll Oberfläche hatten, die Spannung war merklich dieselbe wie bei jenen groſsen Scheiben, aber die Dauer der Wirksamkeit des groſsen Apparats war viel gröſser als die des kleinen und betrug so viele Wochen als bei diesem Tage. Erman behauptet die Vertheilung der Pole bei diesen zweigliedrigen Becher-Apparaten auf eine entgegengesetzte Weise wie Zamboni gefunden zu haben, er irrt aber offenbar hierin, wie ich denn auch selbst oben in Nr. 39, welche von der einfachen Kette handelt, in denselben Irrthum gefallen bin, denn er fand den Pol der gröſsern Zinkplatte positiv, den der Spitze negativ, aber eben so fand sie auch Zamboni, und diese Lage der Pole folgt nothwendig aus der von Zamboni gegebenen Erklärung. Ferner fand Erman gerade wie Zamboni eine entgegengesetzte Polarität bei Anwendung der Metalle, die dem negativen Ende der Spannungsreihe näher stehen, indem 30 Quadrate von reiner Silberfolie den negativen Pol an dem breiten, den positiven dagegen an dem schmalen Ende zeigten, eine Verschiedenheit, die wesentlich mit dem verschiedenen Verhalten beider Arten von Metallen gegen das Wasser zusammenhängt, indem, wie auch Erman bestätigt fand, Wasser mit dem Silber negativ, dieses positiv, dagegen mit dem Zinn und Zink positiv, diese negativ werden. Erman fand, daſs auch diese becherförmigen Apparate nach längerer oder kürzerer Zeit alle el. Spannung verloren, daſs aber in einem solchen Apparate, welcher alle Span-

nung verloren hatte, sich sogleich die vorige Thätigkeit wieder zeigt, wenn der geometrische Unterschied zwischen ihren Spizzen und ihren breiten Oberflächen vermehrt wurde, namentlich wenn er unter Wasser auf jede breite Fläche ein Quadrat von demselben Metalle legte, ohne an den Spitzen etwas zu ändern. Dafs übrigens dieses Erlöschen der Wirksamkeit nicht von der Oxydation der Metallfläche abhänge, schien daraus hervorzugehen, dafs der Silberapparat, an welchem unter blofsem Wasser keine Oxydation des Metalls zu bemerken war, fast schneller wie der Zinkapparat erlosch. Bei dieser Gelegenheit verfällt Erman abermals in ein Mifsverständnifs in Beziehung auf Zamboni's Erklärung der Umkehrung der Polarität durch die Wirkung des Zinkoxyds, denn auch Zamboni geht in dieser Erklärung von der Thatsache aus, dafs das Zinkoxyd mit dem reinen Zink negativ werde, während Erman ihm die entgegengesetzte Behauptung unterzuschieben scheint. Erman fand endlich gleichfalls, dafs die Natur der Flüssigkeit einen bedeutenden Einflufs äufsere. Als ein Becherapparat aus Zinn mit reinem Wasser nach 2 Tagen zu wirken aufgehört hatte, ward die frühere el. Polarität, und zwar mit einer viel bedeutenderen Intensität, wieder hergestellt, als einige Grane Kochsalz in jedem Becher aufgelöst wurden, aber die Dauer dieser Spannung war im umgekehrten Verhältnisse ihrer Intensität. Die comparative Wirkung der sauern und basischen Flüssigkeiten gab nach Verschiedenheit der Metalle so wandelbare Erscheinungen, dafs Erman keine Uebersicht gewinnen konnte. Dieser bedeutende Einflufs der chemischen Natur der Flüssigkeit auf die Vertheilung der Pole erhellet[1] deutlich aus dem Versuche Oersted's mit einer solchen einfachen zweigliedrigen Kette aus Zink, wo bei Anwendung einer Flüssigkeit aus 1 Theil Wasser $\frac{1}{60}$ Schwefelsäure und $\frac{1}{70}$ Salpetersäure der positive Pol auf die schmale Seite fiel, wenn aber die Flüssigkeit bedeutend mehr Säure enthielt, besonders wenn sie erhitzt war, die entgegengesetzte Polarität eintrat, wobei die Magnetnadel mit dem Multiplicator als Prüfungsmittel diente. Ohne Zweifel hängt auch hier diese Verschiedenheit von dem ungleichen Verhalten des Metalls gegen diese verschiedenen Flüssigkeiten ab, und zwar so, dafs das Zink sich positiv gegen die erstere und negativ gegen die zweite verhält.

1 Schw. III. 163.

Pohl stellt in dem Artikel, welcher in seinem Werke der zweigliedrigen Kette gewidmet ist [1], den allgemeinen Satz auf, daſs bei Anwendung von Metallen, die mit der gebrauchten Flüssigkeit positiv werden, der positive Pol nach der schmaleren Fläche, bei Anwendung von Metallen, die mit derselben negativ werden, der negative Pol nach dieser Seite hinfalle; indeſs scheint es nach der ganzen Darstellung nicht, daſs dieser Behauptung, die allerdings aus der Theorie der zweigliedrigen Kette als Postulat folgt, eigene Versuche desselben zum Grunde lägen.

79. Mit der Schlieſsung der Säule, sie sey nun eine vollkommene (totale) oder unvollkommene (partiale), der obigen Bestimmung gemäſs (Nr. 69), treten gerade so, wie bei Schlieſsung der einfachen Kette dieselben merkwürdigen Wirkungen ein, welche jede ächte galvanische Thätigkeit begleiten, und welche durch die Säule selbst in einem so verstärkten Grade dargestellt werden können, daſs eben dadurch dieser Apparat der Gegenstand eines so allgemeinen Interesses unter den Physikern geworden ist. Diese Wirkungen sind also auch hier die *chemischen* oder die Zersetzungs- und Zusammensetzungs-Erscheinungen, *Licht* und *Wärme*-Erscheinungen, *magnetische* Erscheinungen und *physiologische* Erscheinungen, oder Veränderungen, welche im Conflicte mit der Lebenskraft organischer Körper hervor treten. Diese Erscheinungen modificiren sich auf die mannigfaltigste Weise nach Qualität und Quantität; da aber diese Details für den Artikel: *Säule*, *Volta'sche*, vorbehalten sind, so schränke ich mich hier nur auf die Entwerfung der allgemeinen Umrisse dieser Phänomene ein, so weit sie für die Beurtheilung der verschiedenen Theorieen des verstärkten Galvanismus, so wie überhaupt zur Begründung einer Theorie desselben, entscheidend sind. Alle chemischen Wirkungen, welche oben von der einfachen Kette angegeben worden sind, kommen auf gleiche Weise an der Säule, und zwar namentlich an den einzelnen Ketten selbst, aus welchen sie zusammengesetzt ist, vor. Sie können aber auf eine neue und lehrreiche Weise hier dargestellt werden, indem man die Pole der Säule durch Drähte oder andere schickliche Metallverlängerungen, oder anderweitige feste Erreger des Galvanismus, die von den Endplatten der Säule aus-

1 a. a. O. S. 85—98.

gehen, auf Flüssigkeiten aller Art oder andere zersetzbare die E. leitende Körper, welche sich zwischen ihnen befinden, einwirken läfst. Man kann sich zu solchen Versuchen bequem gläserner Gefäfse von verschiedener Form, Weite u. s. w. bedienen, besonders der Glasröhren, welche entweder an beiden Enden mit Körken versehen sind, und mit der dem Versuche zu unterwerfenden Flüssigkeit gefüllt werden, in welche die Polardrähte durch diese Körke hindurch hineinreichen, oder auch an dem einen Ende mit Blase verschlossen, oder in ein anderes Gefäfs mit offener Mündung untergetaucht werden. Indem man durch die Körke neben den Polardrähten feine, passend gekrümmte Entbindungsröhren hindurch steckt, kann man die sich entbindenden Gasarten bequem auffangen, ihre Menge bestimmen, ihre Beschaffenheit untersuchen, ihr Gewicht mit dem Gewichtsverluste der dem Versuche unterworfenen Flüssigkeit u. s. w. vergleichen. Es sind mancherlei Apparate dieser Art angegeben worden. Entwickelt sich nur von dem einen Polardrahte Gas, so kann man sich eines Apparates mit einer einzigen Gasröhre bedienen. Um Fig. 130. die Gase, wenn sie sich von beiden Drähten entwickeln, abgesondert aufzufangen, dienen winkelförmig gebogene Röhren mit zwei Gasbehältern. Sie gewähren aufserdem den Vortheil, dafs Fig. 131. man zwei Flüssigkeiten gleichzeitig, jede der Einwirkung eines einzelnen Pols, unterwerfen kann. Man kann auch ein gläsernes Gefäfs von beliebiger Form, z. B. von Kugelform, seitwärts Fig. 132. mit einem feinen Loche durchbohren, durch dieses von jeder Seite beliebige Metalldrähte in horizontaler Richtung mit Siegellack hinein kitten und den Hals luftdicht verkorken, aus welchem eine Sförmig gekrümmte feine Röhre, die sich entwickelnden Gase in einem graduirten, mit Wasser oder Quecksilber gefüllten, und in Wasser oder Quecksilber untergetauchten Cylinder leitet, oder bei einem in seinem obern Theile hinlänglich weiten Gefäfse unmittelbar über jeden horizontalen Draht eine kleine Glocke aufhängen, um das von jedem Drahte aufsteigende Gas besonders aufzufangen.

80. Die durch die Säule bewirkte Wasserzersetzung zeigt auf eine ganz besonders auffallende Art das im Raume geschiedene Auftreten der beiden Bestandtheile des Wassers, wovon schon bei der einfachen Kette umständlich die Rede gewesen ist. Befinden sich zwei Platin- oder Gold-Drähte in einer solchen sogenannten Gasentbindungsröhre, so erhebt sich bei Anwen-

dung einer hinlänglich wirksamen Säule z. B. von 50 bis 100 Plattenpaaren Zink und Kupfer von etwa zwei Quadratzollen Oberfläche, deren feuchter Zwischenleiter mit Kochsalz oder Salmiakauflösung getränkte Tuch- oder Papp-Scheiben sind, im Augenblicke der Schliefsung ein reichlicher Gasstrom von beiden Drähten, jedoch von dem negativen Polardrahte reichlicher und in kleineren Bläschen. Ist der Apparat weniger kräftig, so vergehen wohl einige Secunden, ehe es zur sichtlichen Gasentbindung kommt, und der Gasstrom vom positiven Drahte steigt dann immer ein bischen später auf, als vom negativen. Die Gasblasen entwickeln sich längs dem ganzen Drahte; so weit er in das Wasser eintaucht; jedoch reichlicher von der freien Spitze aus und um diese herum, als nach hinten zu. Fängt man diese Gasarten besonders auf, so zeigt sich das von dem positiven Polardrahte aufsteigende Gas als Sauerstoffgas, das von dem negativen Drahte aufsteigende als Wasserstoffgas. Beide entwickeln sich merklich in dem Verhältnisse, in welchem sie Wasser mit einander bilden, nämlich 2 Volumina Wasserstoffgas gegen 1 Volumen Sauerstoffgas. Indefs ist dieses Resultat in der strengsten Genauigkeit nie erreicht worden, da sich den entbundenen Gasarten aus dem Wasser, aus welchem sie entbunden, oder über welchem sie aufgefangen werden, etwas atmosphärische Luft, welche dasselbe zurückgehalten, oder wenn es auch ausgekocht ist, während seiner Abkühlung wieder eingesogen hat, unvermeidlich beimischt. Simon [1] will zwar, da er seine Entbindungsröhre und eben so den Cylinder, worin das Gas aufgefangen wurde, und welcher selbst in eine Schale mit Quecksilber tauchte, mit zweimal destillirtem und frisch gekochtem Wasser gefüllt hatte, ein Gasgemenge erhalten haben, das in einem kleinen Volta'schen Eudiometer über Quecksilber durch den el. Funken entzündet, ohne Rückstand verbrannte und Wasser erzeugte, aber schon die Art, wie er seinen Versuch anstellte, da er sogar in der Entbindungsröhre ein wenig atmosphärische Luft zurückgelassen, die mit dem entbundenen Gase in den Auffang-Cylinder mit übergehen mufste, erlaubt nicht dieses buchstäblich zu nehmen. Am genauesten fiel ein von H. Davy angestellter Versuch aus [2], welcher die beiden Gasarten in den Röhren selbst, in welchen

1 G. X. 290.
2 Ebend. VII. 114.

sich die beiden gasentbindenden Golddrähte befanden, auffing. Diese waren nämlich in ihr oberes Ende eingeschmelzt, mit ihren untern offenen Enden waren diese Röhren in Gläser umgestürzt, die selbst durch frische Muskelfasern mit einander verbunden waren. Die Röhren sowohl als die Gläser wurden mit destillirtem Wasser gefüllt, welches er nach achtstündigem Kochen fast noch siedend eingefüllt hatte. Die erhaltenen Gasarten verhielten sich als reines Wasserstoffgas und als reines Sauerstoffgas. In dem einen Versuche war das Verhältniſs ihrer Voluminum = 56 : 14. Davy vermuthete, daſs das eine Wasser einen Theil des Sauerstoffgases verschluckt habe. Er sättigte also vorher dasselbe mit Sauerstoffgas, indem er es über Quecksilber damit schüttelte, und nun war das Verhältniſs beider Gasarten nahe zu dasselbe, wie es die gewöhnliche Wasserzersetzung auch giebt, nämlich 57 : 27. Das Verhältniſs des Gewichts der erhaltenen Gasarten zum Gewichtsverluste des Wassers suchte man vom Anfange an auszumitteln. Da eine lange Zeit vergeht, ehe eine hinlängliche Menge Gas erhalten werden kann, um einen merklichen Gewichtsverlust des Wassers zu veranlassen, da ferner das Gewicht der Gasarten in allen solchen Fällen nicht unmittelbar, sondern nur nach ihrem Volumen bestimmt wird, diese Bestimmung aber nur dann genaue Resultate gewähren kann, wenn die erhaltenen Gase rein, und also ohne Beimischung von atmosphärischer Luft sind, welche das Wasser etwa vorher enthielt, da auſser durch die Entbindung der Gasarten das Wasser einen Verlust durch Verdunstung erleiden muſs, wozu die sich entwickelnden Gasarten selbst, die den Wasserdunst mit sich fortführen, Veranlassung geben, so begreift man von selbst, daſs ein solcher Versuch in keinem Falle ein absolut genaues Resultat geben konnte. Gruner, welcher zuerst diesen Versuch anstellte, wollte, nachdem bereits 6 Cubikzolle Gas aus dem Wasser entwickelt waren, doch keinen Gewichtsverlust des Wassers, das er mit dem Gefäſse vor und nach dem Versuche gewogen hatte, gefunden haben, und schloſs daraus, daſs die Luft von einer Zersetzung der galvanischen Materie selbst abhangen möchte[1]. Mit mehr Genauigkeit wurden die Versuche von Erdmann[2] angestellt, welcher dazu ein kugelförmiges

1 G. VIII. 222.
2 Ebend. XI. 215.

Fig. 132. Glasgefäſs mit cylindrischem Halse gebrauchte. Er hatte es zu dem Ende an zwei gegenüberstehenden Stellen durchbohrt, über die Oeffnung Korkstöpsel b b gekittet, durch diese zwei zugespitzte Golddrähte a a gesteckt, so daſs ihre Spitzen nur um eine Linie von einander abstanden, und Kork, Metall und Glas, wo sie an einander grenzten, mit Siegellackfirniſs luftdicht überzogen. Er füllte darauf das Gefäſs bis an den Hals mit frisch destillirtem Wasser, wovon es genau $5\frac{3}{4}$ Drachmen hielt, verschloſs es mit einem Korkstöpsel, durch den ein Sförmig gekrümmtes Haarröhrchen ging, und verstrich auch hier alle Fugen sorgfältig mit Siegellackfirniſs. Dieser ganze Apparat wog 648 Gran. Die Golddrähte wurden mit einer Säule von 80 Lagen, welche mit Salmiakauflösung geschichtet war, in Verbindung gesetzt, und das Gas in einem mit destillirtem Wasser gefüllten, vorher graduirten Cylinder aufgefangen. Nach 40 Stunden hatten sich in dem Cylinder bei 10° R. genau 6 Kubikzolle Gas angesammelt, und der Apparat hatte 1 Gran an Gewicht verloren. Nach dem damals noch gangbaren unrichtigen Verhältnisse der Zusammensetzung des Wassers aus 85 O. und 15 H. und nach der ebenfalls nicht ganz genauen Annahme des specifischen Gewichts der Gasarten, bestimmte er das Gewicht jener 6 Cubikzolle zu 1,1015162 Gran, welches mit dem Gewichtsverluste nahe überein kam.

Simon trieb den Versuch noch mehr ins Groſse [1], indem er ihn mit zwei Apparaten gleichzeitig 31 Stunden hindurch fortsetzte. Bei dem einen Apparate betrug der Gewichtsverlust 2,2 fr. Grains, bei dem andern 1,9; das Gewicht der erhaltenen Gasarten, die aus dem ersten Apparate 9,22, aus dem zweiten 7,91 Par. Duod. Cubikzoll betrug, berechnete er nach den damaligen nicht ganz genauen Bestimmungen für den ersten Fall zu 1,56, für den zweiten zu 1,33 Gr. Folglich in beiden Fällen bedeutend weniger als der Gewichtsverlust des Wassers betrug. Simon vermuthete, daſs das mit den Gasen zugleich verdunstete Wasser diesen Unterschied veranlaſst habe; er richtete also einen sehr zweckmäſsigen Apparat mit einer Mittelröhre vor, die mit geschmolzenem salzsaurem Kalke gefüllt und durch Quecksilber von beiden Seiten von der Gasentbindungsröhre und von dem Cylinder, welcher das Gas auffangen sollte, abgeschlos-

1 G. X. 282.

sen war, damit der salzsaure Kalk bei seiner großen Verwandtschaft zum Wasser von keiner Seite her dasselbe anziehen konnte, und setzte den Versuch 10 Wochen und 2 Tage fort. Die Menge des aufgefangenenen Gases betrug bei + 12° R. 27,54 Par Duod. C. Z, dessen Gewicht er zu 4,6 fr. Grains bestimmte, und welches nunmehro mit dem bloſs von der Entbindung der Gasarten abhängigen Gewichtsverluste des Wassers, der dadurch ausgemittelt wurde, daſs der ganze Apparat mit der Mittelröhre, die den salzsauren Kalk enthielt, vor und nach dem Versuche gewogen wurde, fast vollkommen übereinstimmte.

Erdmann glaubte bei Anstellung des Wasserzersetzungsversuches mit dem oben beschriebenen Apparate zu bemerken [2], daſs die Gasbläschen nicht senkrecht aufstiegen, sondern daſs die Ströme Sauerstoffgas während der ganzen Dauer des Versuchs nach der Richtung der Spitze vor, die Ströme Wasserstoffgas dagegen von der Spitze zurückgetrieben würden, und zwar besonders an den Spitzen selbst, wie die Figur darstellt. Diese Fig. 132. Erscheinung soll sich jedesmal zeigen, wenn die Gasentbindung in einem hinlänglich weitem Gefäſse unter gleichen Umständen vor sich geht, was auch andere Mitbeobachter bestätigten. Der Erfolg war also ganz von der Art, wie wenn von dem positiven nach dem negativen Drahte hin eine Bewegung oder ein Stoſs wirkte, der vereinigt mit der von der Schwere abhängigen senkrecht aufsteigenden Bewegung diese Art von parabolischer Bahn bewirkte.

81. Da in diesem Wasserzersetzungsversuche die beiden Bestandtheile des Wassers getrennt von einander auftreten, so bot sich gleich von Anfang an das wichtige Problem zur Entscheidung durch Versuche dar, ob die beiden, wenn gleich in solcher Geschiedenheit im Raume auftretenden Bestandtheile einem und demselben Wassertheilchen angehören, oder ob vielmehr an jedem Drahte jedes Wassertheilchen für sich seinen Bestandtheil liefere, und wohin der andere in diesem Falle gelange, oder ob vielleicht hier überall nicht zersetzt, sondern nur (Wasser) umgewandelt werde. Der sicherste Weg zur Entscheidung dieser Frage schien der zu seyn, zwei Wasserquantitäten so vollkommen wie möglich von einander zu trennen, so daſs sie in gewissem Sinne kein Continuum mehr bildeten, ohne daſs darum

1 G. XI. 215.

die Leitung von dem einen zu dem andern und damit der Procefs selbst gehemmt wurde, wobei jedoch kein trockener Leiter oder ein Leiter der ersten Classe angewandt werden durfte, welcher selbst durch chemische Polarität wirkt, und die Wasserzersetzung eben damit wieder mit beiden Bestandtheilen in ein und dasselbe Wassercontinuum versetzt.

H. Davy schmolz zu diesem Ende, wie schon oben bemerkt ist Golddrähte, die er mit den Polen der Säule verbinden wollte, in das eine Ende von Glasröhren, die er mit dem andern offenen Ende in Gläser mit Wasser umstürzte. Tauchte er nun den Finger der einen Hand in das eine Glas, den der andern in das andere, wo also die Communication zwischen beiden Gläsern durch seinen Körper stattfand, so erfolgte die Gasentbindung in vollkommen geschiedenen Wasserportionen, und zwar an jedem Drahte die des ihm vermöge des Pols zugehörigen Gases. Denselben Dienst leistete eine Verbindung der Gläser durch Muskelfasern und frische Pflanzenfasern, endlich durch einen benetzten Faden. Auch als sich drei Personen anfafsten, wovon die beiden äufsersten die Finger in die Gläser tauchten, trat derselbe Erfolg, nur geschwächt ein. Ich selbst hatte den Kork zur Scheidung vorgeschlagen, und mit einem solchen Apparate, der aus zwei Abtheilungen bestand, die durch eine vollkommen isolirende Scheidewand von einander getrennt waren, in welche von jeder Seite her Golddrähte eingekettet waren, und in welchen durch einen an der Scheidewand angebrachten Kork die Leitung von dem einen Wasser zum andern vermittelt, die Communication des Wassers selbst aber, wie die verschiedene Höhe desselben in den beiden Abtheilungen bewies, vollkommen unterbrochen war, Versuche mit Erfolg angestellt.[1] In allen diesen Fällen communicirten indefs die scheinbar getrennten Wasserquantitäten doch eigentlich wieder nur durch das Wasser, wovon der Faden oder der Kork durchdrungen waren, oder es fielen selbst beide Processe in ein und dasselbe Wasserquantum, wenn nämlich thierische Theile, wie Muskelfasern, Nerven u. s. w. die Communication unterhielten, indem diese Theile, wie Ritter richtig bemerkt[2], sich wie feste Leiter verhalten, nämlich mit chemischer Polarität, wie diese,

1 G. VII. 363.
2 Ebend. IX. 274.

auftreten, nur dafs die Bestandtheile des Wassers an ihnen nicht gasförmig erscheinen, sondern neue Verbindungen mit ihnen eingehen. Dieses erhellet besonders aus einem Versuche Simon's [1], wo zwei Röhren A, B unten durch einen Streifen mageres Rindfleisch C vereinigt und durch herumgebundene Blase dicht verschlossen, darauf beide mit reinem Wasser gefüllt und ihre obere Oeffnung mit Korkstöpseln verschlossen wurden, durch welche Drähte nebst Entbindungsröhren luftdicht gingen. Das Fleisch erlitt eine merkwürdige Veränderung, indem das dem negativen Pole gegenüberstehende Fleischende D, welches folglich, wenn es selbst polarisirte, als Oxygenpol auftrat, eine hochrothe Farbe annahm und auch eine so gefärbte Flüssigkeit absetzte; indefs das andere, dem positiven Pole zugekehrte also selbst negativ gewordene Ende E des Fleisches gänzlich entfärbt wurde, und ein gallertartiges Ansehen erhielt, Veränderungen, welche Simon auf gleiche Weise an Fleischfibern wahrnahm, mit denen er, statt der genäfsten Tuchscheiben eine Volta'sche Säule schichtete, die auch mehrere Tage hindurch gegen Fäulnifs geschützt wurden. Fig. 133.

Eine besondere Aufmerksamkeit widmete Ritter dieser Art der Untersuchung, wobei er aus der Form, unter welcher die Wasserzersetzung auftritt, den Schlufs gezogen hatte, dafs *das Wasser einfach sey*, und nicht zersetzt, sondern auf der einen Seite als Ganzes die Sauerstoff-, auf der andern Seite die Wasserstoff-Qualität durch die el. Begeistung annehme. Die eine Reihe seiner Versuche betraf die Prüfung einer Behauptung Fourcroy's, Vauquelin's und Thénard's, welche die wirkliche Ueberführung des Hydrogens von dem Drahte, welcher Sauerstoffgas lieferte, nach dem entgegengesetzten Drahte, an welchem es nach Abgebung des el. Fluidums an denselben dann gasförmig auftrete, durch einen Versuch mit Silberoxyd bewiesen haben wollten, welches, in das Wasser zwischen beide Drähte gebracht, in der Portion, welche dem positiven Drahte zugekehrt sey, reducirt werde, während zugleich die Entbindung des Wasserstoffgases aufhöre. Ritter [2] bewies indefs durch eine grofse Reihe sehr sinnreich abgeänderter Versuche, dafs

1 G. X. 28.

2 Beiträge zur nähern Kenntnifs des Galvanismus II. Bd. 1. St S. 3 ff.

dieser Erfolg durchaus nicht statt finde, daſs vielmehr das Silberoxyd auf derjenigen Seite, welche nach dem negativen Drahte zugekehrt ist, eine Reduction erleide, und zwar nur in dem Verhältnisse, in welchem es entweder unmittelbar oder vermittelst des Wassers, welches dasselbe in sehr geringer Menge auflöst, mit dem negativen Drahte, und folglich mit dem Hydrogen im Augenblicke seines Freiwerdens in Berührung komme, und dadurch reducirt werde, daſs sich diese Reduction von da aus durch das Silberoxyd nach der entgegengesetzten Seite allmälig ausbreite, sofern das mit dem negativen Drahte zusammenhängende, und sich durch Anhängen neuer reducirter Silbertheilchen verlängernde Silber nun selbst zum negativen Pole werde, und weiteres Oxyd, mit dem es in Berührung komme, reducire, daſs auf der entgegengesetzten Seite nichts von dieser Art vorkomme, vielmehr die Wirksamkeit des Sauerstoffs sich hier thätig zeige, indem das schon etwas grau gewordene Silberoxyd hier vielmehr seine weiſse Farbe wieder erhalte, und die geringe Spur von aufgelöstem Silberoxyd sich in weiſsen Wölkchen niederschlage. Mannichfaltig abgeänderte Versuche bestätigten von allen Seiten dieses Resultat und widerlegten den kaum begreiflichen Irrthum der französischen Physiker.

Dagegen glaubte Ritter in der concentrirten Schwefelsäure und an der concentrirten Salpetersäure ein Scheidungsmittel gefunden zu haben, durch welches jene einseitige Metamorphose des Wassers als Ganzes in Sauerstoffgas und Wasserstoffgas erwiesen werden könne. Bei der Mittheilung seiner ersten Versuche [1] war er in den Irrthum gefallen, daſs diese Säuren, namentlich die Schwefelsäure, durch die unmittelbare Einwirkung der Polardrähte selbst keine Veränderung erlitten, kein Gas geben u. s. w. Dieser Irrthum wurde jedoch durch Henry's [2], Cruickshank's [3], Davy's [4] und später auch durch Simon's [5] Versuche widerlegt, welche alle wirklich Gas, theils durch Zersetzung des Wassers, welches diese Säuren als wahre Hydrate auch noch im concentrirten Zustande enthalten, theils durch die

1 Voigts Magazin II. 492 ff.
2 G. VI. 370.
3 Ebend. VII. 106.
4 Ebend. VII. 124.
5 Ebend. X. 32.

Zersetzung der Säure selbst erhielten. Insbesondere fand in allen diesen Versuchen am Hydrogendrahte Zersetzung der Schwefelsäure durch den Wasserstoff und Abscheidung von Schwefel statt. Wenn aber die Schwefelsäure in die untere Biegung einer zweischenklichen, in einen spitzen Winkel gebogenen Röhre gebracht, und über dieselbe mit aller Vorsicht, um die Vermischung zu verhindern, Wasser gegossen wird, in welches Gold- oder Platindrähte reichen, so findet an beiden auf die gewöhnliche Weise Gasentwickelung statt, ohne dafs die zwischen befindliche Schwefelsäure die allergeringste Veränderung erleidet, und zwar sogar in gröfserer Menge, als wenn die Strecke, welche die Schwefelsäure einnimmt, durch reines Wasser ersetzt wird. Diesen Versuch sah nun Ritter als einen ganz entscheidenden Beweis der absoluten Geschiedenheit und Unabhängigkeit beider Processe von einander, und der Verwandlung des auf jeder Seite befindlichen Wassers als Ganzes in das Gas, welches sich auf jeder Seite entwickelt, an; indefs durch eine Argumentation, welche mehr subtil als haltbar ist. Selbst dann, wenn durch einen directen Versuch bewiesen wäre, dafs der Gewichtsverlust des Wassers auf der einen Seite mit dem Gewichte des entwickelten Sauerstoffgases und derjenigen auf der andern Seite mit demjenigen des Wasserstoffgases genau übereinstimme, ein Resultat, welches Ritter für ganz entscheidend hält, würde die von einigen Physikern aufgestellte Hypothese von einer durch das ganze Wasser hindurch gehenden Zersetzung und Wiederzusammensetzung, und somit einer Abhängigkeit des Processes auf der einen Seite von demjenigen auf der andern sich behaupten können.

82. Die Entwickelung von Gas an den beiden Polardrähten findet, wie bereits bemerkt ist, nur dann statt, wenn als Zuleiter solche Metalle angewandt werden, die zum Sauerstoff nur eine geringe Anziehung haben, namentlich aufser Gold und Platin, Palladium, Rhodium und Tellurium. Werden dagegen Drähte von andern Metallen gebraucht, so entwickelt sich zwar, wie zuvor, am negativen Drahte Wasserstoffgas, aber der positive Draht giebt nun kein Gas, sondern es bildet sich an demselben Oxyd, das sich mit dem Wasser zu Hydrat verbindet, und sich in einer, nach Beschaffenheit des Metalls verschieden gefärbten Wolke von dem Drahte aus im Wasser verbreitet, der Draht aber wird angefressen und allmälig verzehrt. Dieses gilt

auf gleiche Weise von dem sonst nicht so leicht oxydirbaren Silber. Cruickshank[1] machte zuerst diese Beobachtung an dem Silberdrahte; es zeigte sich eine weiſse Wolke an der Spitze des positiven Drahtes, welche nach und nach gröſser, dunkler, endlich purpurfarbig oder selbst schwarz wurde; doch hört an diesem Drahte nicht, wie an den Drähten von Messing oder Kupfer, alle Gasentwickelung auf, und bei einer kräftigen Säule findet sogar noch ein beträchtlicher Strom statt. Gruner bemerkte, daſs bei Anwendung von Silbernadeln, die etwa ½ Z. von einander abstehen mochten, das an dem positiven Drahte sich bildende gelbe Oxyd nach einigen Minuten von der negativen Spitze angezogen wurde, und unter Verwandlung in ein schwarzes Oxyd an dieser Spitze einen sehr schönen schwarzen Dendriten bildete, auch in dem Augenblicke, da die Bildung desselben begann, die Gasentbindung aufhörte und sich die Oberfläche dieser Nadel mit einem schwarzen, lose aufliegenden Ueberzuge bedeckte.

Brugnatelli[2] hatte bei einem Becherapparate die Schlieſsung des Kreises durch verschiedene Drähte in mehreren auf einander folgenden Gläsern gemacht, wodurch daher abgeleitete Pole an den Enden dieser Drähte entstanden. Hierbei beobachtete er, daſs an dem negativen Ende der Drähte sich zum Theil krystallinische Ueberzüge bildeten, die offenbar von dem, vom gegenüberstehenden positiven Polardrahte übergeführten Metalloxyde, welches an diesem gebildet und an dem negativen Pole reducirt war, und unter gewissen Umständen selbst noch hydrogenesirt wurde, herrührten. Er stellte damals die sonderbare Hypothese auf, daſs diese Krystalle Verbindungen des Metalloxyds mit der el. Materie selbst seyen, welche letztere alle Eigenschaften einer wahren Säure besitzen sollte, und die er daher el. Säure nannte. Er hat aber diese unhaltbare Meinung nachher selbst aufgegeben, wie man aus einer spätern Abhandlung desselben[3] ersieht, in welcher er die Natur dieser Bildungen am negativen Drahte richtiger bestimmt hat. Der negative Golddraht überzog sich in seinen Versuchen, so weit er in das Wasser reichte, mit einer schwarzen Substanz, die sehr schnell zunahm, und war die Säule kräftig, so war der Ueberzug nach

1 G. VI. 368.
2 Ebend. VIII. 284.
3 Ebend. XXIII. 177.

einigen Stunden in eine schwammigte, sichtlich aufgelaufene Substanz verwandelt und sehr dünne Golddrähte gingen zuletzt ganz in dieselbe über. Manchmal bildete diese Substanz wahre Vegetationen oder Nadeln, doch nur wenn starke Säulen schon geschwächt waren. Brugnatelli sieht diese Substanz für ein Hydrat von Goldhydrüre an. Wechselt man die Golddrähte, so daſs der mit der schwammigten Substanz überzogene Golddraht sich nun am positiven Pole befindet, so sieht man den schwammigten Ueberzug allmälig an Volumen abnehmen und so zu sagen in den Golddraht wieder einschrumpfen, der seine vorige Farbe und Metallglanz wieder annimmt. Dieses Goldhydrüre ist ein Leiter des Galvanismus, denn gänzlich damit überzogene Drähte zersetzen sehr schnell das Wasser durch Einwirkung der Säule. Auch den negativen Silberdraht sah Brugnatelli bei Anwendung zweier Silberdrähte, deren Spitzen nur 3 Linien von einander abstanden, und bei Einwirkung einer mächtigen Säule sich mit einem ziemlich reichlichen dunkelgrauen und wie schwammigten Ueberzuge bedecken. Diesen hielt er für ein Silberhydrat, weil er getrocknet und mit einem Glätter gerieben, Metallglanz annahm, und alle Eigenschaften des reinen Silbers zeigte. Nach der Art der Bildung und nach der Analogie mit dem Golde läſst sich indeſs nicht zweifeln, daſs es Silberhydrüre ist, das seinen Wasserstoff leicht wieder abgiebt. Bei Anwendung von Kupferdrähten in demselben Gefäſse bildete sich an dem negativen Drahte eine schwarze Substanz in schönen Ramificationen, welche Brugnatelli für Kupferhydrüre erkannt haben will. Diese Veränderungen der Metalle am negativen Pole liefern die vorzüglichsten Data zur Erklärung der sogenannten Polarisirung der Metalldrähte im Kreise der Säule, der Ladungssäule u. s. w.

Davy wandte statt der Drähte Streifen von wohl ausgebrannten Kohlen an [1], durch welche die Säule sich so gut wie durch Metalldrähte vollkommen entladen lieſs. An dem Streifen, der mit dem positiven Pole verbunden war, entwickelte sich gar kein Gas (bei Anwendung von nicht destillirtem Wasser hatte sich etwas atmosphärische Luft, die durch das vom Wasser verschluckte kohlensaure Gas entbunden worden war, angesammelt), dagegen bildete sich Kohlensäure, die vom Wasser ver-

1 G. VII. a. a. O.

schluckt wurde, und durch Prüfung mit Reagentien erkennbar war. Der mit dem negativen Pole verbundene Streifen gab erst nach einer halben Stunde Gas, welches sich gröſstentheils als reines Wasserstoffgas verhielt, dem aber doch etwas Kohlenwasserstoffgas beigemischt war. Unter denselben Umständen gab ein Silberdraht, mit dem negativen Ende der Säule verbunden, während der Kohlenstreifen den Leiter vom positiven Pole bildete, sogleich Gas, woraus man schlieſsen muſs, daſs die Kohle im Anfange den entbundenen Wasserstoff, zu welchem sie eine groſse Verwandtschaft hat, verschluckte. Brugnatelli[1] sah bei Anwendung der Kohlenstreifen am positiven Pole sich sehr viel Gas, am negativen dagegen sehr wenig entwickeln; auch wurde die Kohle an diesem Pole merklich gebleicht, welches er von der Verbindung mit dem Wasserstoff ableitet, wie denn auch diese hydrogenisirte Kohle gegen gewöhnliche Kohle sich positiv el. verhielt, gerade so, wie das hydrogenesirte Gold gegen gewöhnliches Gold.

Henry[2] schmolz die Gasentbindungsröhre in dem einen Ende um den zu leitenden Draht zu und sperrte das Wasser in ihr mit Quecksilber. Hier entband sich nur Gas, wenn der Zuleitungsdraht (von Silber) mit dem negativen Pole, das Quecksilber mit dem positiven (ohne Zweifel durch einen Eisendraht) verbunden war. Bei umgekehrter Verbindung entwickelte sich kein Gas, ohngeachtet die Bewegung der Oberfläche des Quecksilbers das fortdauernde Durchströmen bewies. Wurde dagegen bei dieser letzten Anordnung ein Draht durch das Quecksilber in die Röhre geleitet, so stieg viel Gas vom untern Drahte auf. Hier zeigte sich also die Spitze günstig für die Wasserzersezzung wegen der auf wenige Puncte eingeschränkten Wirkung, doch erheben sich allerdings auch bei Anwendung von stärkern Säulen aus 60 bis 100 Plattenpaaren von 2 Quadratzoll Oberfläche Wasserstoffgasblasen von der Oberfläche des Quecksilbers, wenn dieses mit dem negativen Pole verbunden ist, und bei der Verbindung mit dem positiven Pole überzieht sich die Oberfläche nach Verhältniſs der Stärke der Säule mit einer schwärzlichen oder mehr gelben Oxydschicht. Ueberhaupt modificiren sich alle diese Veränderungen der Metalldrähte, der Kohlenstreifen

1 G. XXII. a. a. O.

2 VI. 370.

u. s. w., sowohl hinsichtlich der Stärke als der Art in Gemäſsheit der jedesmaligen Stärke des galv. Apparats und des davon abhängigen el. Stromes.

83. Die Polarisirung trockener Erreger, welche die Continuität des Wassers unterbrechen, und die davon abhängige Verdoppelung und selbst Vervielfachung des Processes, welche wir schon bei der einfachen Kette kennen gelernt haben, zeigt sich bei der Säule auf eine noch viel auffallendere Weise. Cruickshank[1] und Ritter[2] haben zuerst dergleichen Versuche angestellt und sie sind auf die mannigfaltigste Weise abgeändert worden. Die einfachste Form dieses Versuchs ist, daſs man zwei mit destillirtem Wasser gefüllte Glasröhren nimmt, deren eine Enden einerseits durch Drähte mit den beiden Polen der Säule und die beiden andern Enden durch einen Metalldraht mit einander verbunden sind, und durch deren obere Körke feine gekrümmte Glasröhren zum Austreten der entbundenen Gase gesteckt werden. Sind die drei Drähte a b und c von Platin oder Fig. 134. Gold, so entwickelt sich durch die Einwirkung einer hinlänglich starken Säule von 4 Drahtenden Gas und zwar an den Polardrähten a b auf die bereits abgehandelte Weise, an dem, dem positiven Drahte gegenüber stehenden Ende d des Verbindungsdrahtes Wasserstoffgas, an dem, dem negativen Polardrahte gegenüber stehenden Ende e Sauerstoffgas; der Verbindungsdraht hat also selbst Polarität angenommen, und zwar an jedem Ende die entgegengesetzte von der des ursprünglichen Poles, durch welchen diese Polarität erzeugt worden ist. Einige Physiker[3] haben behauptet, daſs die an den ursprünglichen Polen statt findende Gasentbindung reichlicher sey, als die an den abgeleiteten Polen, und daſs nur die an den ersteren und an den letzteren auf einander bezogenen Gase in dem Verhältnisse, in welchem sie Wasser bilden, gegen einander stehen, nicht aber die Mengen, die in jeder Röhre entbunden werden. Indeſs habe ich mich durch verschiedene Versuche vom Gegentheile überzeugt. Stets fand ich die Menge des Gases am abgeleiteten Pole d des Drahtes c der Menge des Gases am Polardrahte a entsprechend

1 G. VI. 367.

2 Voigt's Magazin II. 490.

3 Nordisches Archiv von Pfaff und Scheel II. Bd. 2. St. S. 38. und Ritter's phys. chem. Abh. II. Bd. 310 ff.

und eben so auf der entgegengesetzten Seite; aber allerdings kann das ganze Quantum des entbundenen Gases in den beiden Röhren sehr verschieden ausfallen nach Verschiedenheit der besondern Verhältnisse, die die Stärke der Wasserzersetzung in jeder Röhre bestimmen. Es lassen sich auf diese Weise eine Reihe von Röhren mit einander verbinden und der Procefs läfst sich verdreifachen, vervierfachen u. s. w. Die chemischen Pole sind hierbei stets nach dem gleichen Gesetze vertheilt, dafs nämlich ein positiver oder Oxygenpol mit einem negativen oder Hydrogenpole abwechselt und jeder Draht, der mit seinen Enden zwei auf einander folgende Röhren verbindet, die entgegengesetzten Pole an diesen beiden Enden zeigt. HUTH[1] hat diese Versuche sehr ins Grofse getrieben, indem er dazu zwei 21 Z. lange und 1 Z. weite Glasröhren anwendete, durch deren Körke Messingdrähte 2 Z. tief in das Wasser reichten. Es wurde der Anfang mit einer Röhre gemacht, dann aber eine Röhre nach der andern mit in den Kreis aufgenommen. Stets zeigte sich bei jeder an dem Ende des einen Drahtes Oxydirung, an dem des andern Gasentwickelung; jedoch wurde diese immer schwächer, in dem Verhältnisse, in welchem der Schliefsungskreis an Ausdehnung zunahm. Nachdem die 6 letzten Röhren eingehakt waren, war gleich nach Schliefsung der Kette in keiner der Röhren eine galvanische Wirkung zu bemerken, aber nach Verlauf einer halben Stunde zeigte sich an den einen Drähten der innern Zwischenröhren der Anfang von Oxydation, welcher sichtbar nach und nach zunahm. Diese Oxydation war in den, den Enden näher liegenden, Röhren stärker als in den mittleren; in der mittelsten ward nur die Spitze nach einigen Stunden sichtbar schwarz, und kaum ein kleines Oxydwölkchen in dem angewandten Wasser bemerklich. Hier hatte sich also die chemische Wirkung einer hundertplattigen Säule, deren Silberplatten nur preufsische Viergroschenstücke waren, durch zwei 16 Zoll lange und neun 39 Z. lange, mittelst Messingdrähten mit einander verbundene Wassersäulen erstreckt. SIMON machte jede der metallischen Ketten, durch welche die Pole der Säule mit den Glasröhren verbunden wurden, 24 Fufs lang und hakte zwei Röhren, jede mit 40 Z. Abstand der in sie hineinreichenden Drähte, ein. Im Anfange erfolgte keine Veränderung, aber nach

1 G. X. 43.

2 Minuten Oxydirung und nach 5 Minuten auch mäſsige Gasentbindung. Hierauf wurde zwischen jene beiden langen Röhren eine kürzere von 18 Z. Abstand der Drähte eingehakt. Es erfolgte 3 Minuten nach Schlieſsung der Kette langsames feines Luftblasenströmen in der mittleren kürzeren Röhre, in den längeren nichts, aber nach 10 Minuten wurde der Gas erzeugende Draht auch in diesen mit Bläschen überzogen. Oxydirung wurde in allen drei Röhren bemerkt. Diese Versuche liefern gleichfalls den Beweis, daſs die Processe an den beiden Drahtenden jeder besondern Röhre zusammen gehören, daſs die Stärke derselben von den besondern Bedingungen in jeder abhängt, zugleich zeigen sie aber auch, daſs in einem weit ausgedehnten schlieſsenden Bogen die Action von den Polen aus nach der Mitte zu abnimmt.

Eine Polarisirung der Metalldrähte findet selbst dann statt, wenn sie sich in einer und derselben Wassersäule befinden, welche die beiden Polendrähte mit einander verbindet. Wir haben schon oben einen solchen Versuch Erman's anzuführen Gelegenheit gehabt. Derselbe Versuch wurde auch von diesem sinnreichen Experimentator abgeändert[1], wobei er das allgemeine Resultat erhielt, daſs, wenn gleich diese Metalldrähte an zwei entgegengesetzten Enden elektrisch chemische Polarität nach dem obigen allgemeinen Gesetze der abwechselnden Folge der chemischen Pole zeigen, an ihnen noch auſserdem freie E. durch das Elektrometer zu erkennen ist, die jedesmal mit der E. derjenigen Wasserhälfte übereinstimmend ist, in welcher sie sich befinden, und also mit derjenigen des ihnen am nächsten gelegenen Poles der Säule selbst. Hierbei war es nun merkwürdig, daſs da, wo die Indifferenz beider Elektricitäten in der Wassersäule hinfiel, auch eine Indifferenz der chemischen Polarität bemerklich war, d. h. keine Wasserzersetzung statt fand. Dieses ergab sich auffallend aus folgendem Versuche, welcher auch das Schema der Vertheilung der elektrisch-chemischen Pole an den Verbindungsdrähten deutlich vor Augen legt. Von zwei parallel neben einander gestellten tubulirten Gasapparaten ist der eine (I) mit den Batteriedrähten A (+E) und B (—E) verbunden. Seine beiden Metalldrähte C und D bleiben mit ihren gegen einander gekehrten Spitzen in gleicher Entfernung vom Fig. 135.

1 G. X. 1.

Indifferenzpuncte E und ihre herausragenden Enden biegen sich gegen den zweiten Apparat (II) zurück, und durch seine Tubulirungen c und d in denselben hinein, so daſs sich ihre Endspitzen auch hier in gleichen Entfernungen vom Indifferenzpuncte e befinden. Bringt man überdies von E zu e einen dritten Mitteldraht an, der aber bloſs in das Wasser der beiden Flüssigkeiten hineinragt, so wird dieser Draht E e weder chemische noch elektrische Erscheinungen geben, weil sich seine beiden Spitzen in den beiden Indifferenzregionen der beiden Wassersäulen befinden. Zieht man die Drahtenden C und D oder auch c und d, oder auch die ganzen Drähte C c und D d gleich weit zurück, so bleibt an den Spitzen E und e alles todt, weil sie nach wie vor immerfort in der respectiven Indifferenz-
Fig. 136. zone sind. Zieht man dagegen D und C zurück, so rückt im ersten Apparate (I) der Wirkungskreis des positiven Pol A vor, und macht E durch Vertheilung negativ. Ebenso rückt im zweiten Apparate (II) die Atmosphäre des negativen Pols d verhältniſsmäſsig vor und macht e durch Vertheilung positiv. Auch giebt E augenblicklich Wasserstoffgas und e Oxyd, wenn man E e von einem oxydirbaren Metalle genommen hat. Soll umgekehrt E Oxyd und e Gas geben, so braucht man nur C und D wieder vorzuschieben und c und d zurückzuziehen. Zugleich hört auch der gehörig zurückgezogene Draht C oder D des ersten Apparats auf, die Phänomene der Polarität seiner Länge nach zu zeigen und giebt nur Gas oder Oxyd, so daſs in dem Apparate (I) nicht mehr Gas und Oxyd gebende Puncte entstehen, als vorher da waren, und E nun die Stelle desjenigen vertritt, welcher dem zurückgezogenen Drahte abgeht.

Noch verdient hier am Ende eine merkwürdige Beobachtung von Theodor v. Grotthuss [1] angeführt zu werden, welche über den Vorgang der Polarisirung der Metalldrähte Aufschluſs giebt. Er fand nämlich, daſs ein höchst feiner Riſs in der Glasmasse einer Röhre ganz denselben Dienst wie ein Metalldraht leistete, indem an den beiden Enden dieses Risses, welcher zwischen den in die Flüssigkeit getauchten Polardrähten sich befand, indem die letzteren durch diesen Riſs eine unvollkommene Communication mit einander hatten, sich elektrisch-chemische Pole zeigten. Dieser Riſs lieſs die Flüssigkeit nicht

1 S. dessen phys. chem. Forschungen und Schw. XXVIII. 315.

durch, nur als der galvanische Strom hindurch ging, wurde eine sehr kleine Quantität der Flüssigkeit aus der Röhre hindurch geführt. Diese Polarität des in dem Glasrisse gleichsam fixirten Wassers zeigte sich besonders auffallend, als salpetersaure Silberauflösung in die Röhre und in das Glas, in welchen dieselbe stand, gebracht wurde. Dem negativen Polardrahte gegenüber entwickelte sich an dem Ende des Risses Sauerstoffgas, und am äufsern Ende dieses Risses überzog sich die Glasfläche mit reducirtem Silber in Form von blätterförmigen Dendriten. Da selbst bei Anwendung einer Batterie von 100 Zinkkupferplatten von 6 Z. Durchmesser über eine Stunde verstrichen war, ehe diese Wirkungen sich zu zeigen anfingen, so schliefst v. Grotthuss, dafs diese Zeit verstrich, bis sich die Flüssigkeit in den Rifs selbst zwischen die getrennten Glasflächen insinuirte, worauf denn erst die chemisch-polare Wirkung eintrat, abhängig davon, dafs die Grundstoffe des Wassers in diesen gleichsam fixirtem Wasserenden nicht die nöthige Beweglichkeit hatten, um die Zersetzung und Wiederzusammensetzung des Wassers seiner Hypothese gemäfs durch die ganzen Strecken fortsetzen zu können.

84. Die Quantität der Wasserzersetzung wird durch mancherlei Umstände bestimmt, die theils in der Beschaffenheit der Volta'schen Säule selbst, theils in den mannigfaltigen Bestimmungen, welche die Gasentbindungsröhre zuläfst, und in ihren möglichen Combinationen mit einander gelegen sind. Ohne auf die mannigfaltigen Abänderungen in der Constructionsart des Volta'schen Apparats hier einzugehen, bei denen Wohlfeilheit der Anschaffung und Bequemlichkeit des Gebrauchs ein vorzügliches Augenmerk mit gewesen sind, können doch hier, wo von der Säule in ihrer einfachsten Gestalt die Rede ist, alle wesentliche Momente eines jeden Apparates, auf welche sich sämmtliche, hierbei einen Einflufs äufsernde Abänderungen desselben zurückführen lassen, nämlich Zahl der Schichtungen, Gröfse der Oberfläche der einzelnen Schichtungen und Beschaffenheit des feuchten Leiters in Betracht gezogen werden. Es kommt bei Bestimmung dieses Einflusses so wie überhaupt desjenigen aller übrigen Umstände vorzüglich auf die Anwendung eines bequemen und genauen Instruments an, um die Menge des entbundenen Gases innerhalb einer gegebenen Zeit und die kleinsten Unterschiede hierin mit der erforderlichen Schärfe bestimmen zu

können. Schon die oben (Nr. 80) beschriebenen Vorrichtungen Simon's und Erdmann's können dazu dienen. Simon hat noch aufserdem einen bequemen Apparat in Vorschlag gebracht[1], wovon das Wesentliche darin besteht, dafs das entwickelte Gas die Flüssigkeit in einer etwa halb damit gefüllten Kugel aus der Stelle treibt und in einer damit verbundenen engen Röhre steigen macht, wo denn die verschiedenen Höhen, die die Flüssigkeit in gleichen Zeiten erreicht, die Mengen des in dieser Zeit entwickelten Gases messen und wenige Minuten für jeden Versuch einen schon sehr auffallenden Ausschlag geben. Marechaux bediente sich einer ähnlichen Vorrichtung[2]. Behrens[3] hat gleichfalls ein solches Instrument beschrieben und *Elektrodymiameter* genannt, das aber bei dem Gebrauche unbequem ist. Bischoff bediente sich eines Apparats, durch welchen nach der Länge der Zeit, die erforderlich war, um eine gleiche Menge Gas zu erhalten, die Wirksamkeit der Volta'schen Säule gemessen wurde, und in der That scheint diese Art der Vorrichtung noch eine gröfsere Genauigkeit zuzulassen, als diejenigen, welche sich der in gleichen Zeiten erhaltenen Menge des Gases als eines solchen Mafses bedienen. Es kam hierbei nur darauf an, die Vorrichtung so zu treffen, dafs sich in jedem Versuche ganz genau dieselbe Gasquantität entwickelte, und dafs man ein ganz untrügliches Kennzeichen hatte, sobald die constante Gasquantität entwickelt worden war. Dauerte die Gasentwickelung im Durchschnitt eine halbe Stunde, so liefs sich, da vermittelst einer Secundenuhr die Zeit bis auf eine Secunde genau bestimmt werden konnte, bis auf $\frac{1}{1800}$, und selbst bei einer Dauer des Versuchs von nur 5 Minuten doch noch bis auf $\frac{1}{300}$ Gran die auf gleiche Zeiten reducirte Gasmenge messen. Die von ihm gebrauchte Vorrichtung bestand in einer heberförmigen Gasröhre. In das zugeschmolzene Ende bei c wurde ein Platindraht und zur Seite bei d ein zweiter Platindraht luftdicht eingeschmolzen. Diese Röhre wurde mit reinem Wasser ganz angefüllt und die Leitungsdrähte der beiden Pole in den obern Platindraht bei c und in den untern bei d eingehängt. Da nun die Wasserzersetzung nur so lange fortdauern konnte, als die Spitze des obern

Fig. 137.

1 G. VIII. 29.

2 Ebend. XI. 123.

3 Eend. XXIII. 17.

Drahtes sich im Wasser befand, so mufste der Procefs stets aufhören, wenn der Wasserspiegel bis auf a b herabgesunken war. Befestigte man daher diese Gasröhre in allen Versuchen in lothrechter Richtung, und verhütete man, wenn der Procefs dem Aufhören ganz nahe war, irgend eine zufällige Erschütterung, wodurch es geschehen konnte, dafs der durch Adhäsion des Wassers an der Spitze des obern Platindrahts sich bildende kleine Wasserkegel einmal früher, das anderemal später zerflofs, so mufste die sich entwickelnde Gasmenge in allen Versuchen vollkommen genau dieselbe seyn. Dabei lehrten die Versuche, dafs auch der Augenblick, in welchem die Gasentwicklung aufhörte, mit grofser Genauigkeit bestimmbar war, indem dieselbe jedesmal gleichsam in einem Nu aufhörte, wenn jenes Quantum entwickelt war, so dafs man auch nicht um eine halbe Secunde in Ungewifsheit war. Nur wenn bei sehr schwachen Apparaten die Gasentwickelung sehr langsam war, und das Gas nur in einzelnen Bläschen aufstieg, konnte eine Ungewifsheit in Hinsicht auf den eigentlichen Zeitpunct derselben statt finden, indem, wenn der Procefs auch schon längst aufgehört hatte, doch noch einige Gasbläschen, die an dem untern Drahte hängen geblieben waren, in die Höhe stiegen; jedoch war diese Ungewifsheit dann von geringerem Belange, weil die ganze Zeitdauer auch viel gröfser war. Dafs bei einer fortgesetzten Reihe von Versuchen in Rücksicht auf Abänderung des Barometerstandes und der Temperatur die nöthigen Correctionen in Betreff des erhaltenen Gasvolumens nicht aufser Acht zu lassen sind, bedarf kaum der Erinnerung.

Bischoff selbst stellte mit diesem Apparat in verschiedenen Beziehungen Versuche an. 1. Was den Einflufs der *Anzahl der Schichtungen* betrifft, von der hier zunächst die Rede ist, so verglich Bischoff die wasserzersetzende Kraft von 4 Säulen von 51 Plattenpaaren, die er einzeln in jeder Rücksicht so vollkommen gleich wie möglich aufbauete, und theils jede einzeln, theils zu 2 zu 3 und zu 4 mit einander verbunden, prüfte. Als Mittel sehr vieler Versuche erhielt er folgende Zahlen als die Werthe der wasserzersetzenden Kraft dieser 4 Säulen:

Säule von	Säule von	Säule von	Säule von
51 Plattenpaaren	102	153	0 3
37	62	83	100

Die Differenzen dieser Zahlen sind 25, 21, 17, und die zwei-

ten Differenzen 4, 4. Da nun diese letzteren constant sind, so bildet jene Zahlenreihe eine arithmetische Reihe der zweiten Ordnung und die folgenden Glieder dieser Reihe würden seyn: 100 + 13; 100 + 13 + 9; 100 + 13 + 9 + 5; 100 + 13 + 9 + 5 + 1; 100 + 13 + 9 + 5 + 1 — 3 u. s. w., oder 113; 122; 127; 128; 125; woraus demnach folgen würde, dafs die wasserzersetzende Kraft auf einem gewissen Puncte der Vervielfältigung ihr Maximum erreichen und weiterhin wieder abnehmen müfste, ein Maximum, welches nach diesen Versuchen schon eine Säule von 408 Plattenpaaren an der angegebenen Art erreicht haben würde, so dafs eine Säule von 459 Plattenpaaren (aus 9 jeder Elementarsäulen zusammengesetzt) schon schwächer wirken würde. Bischoff hat indefs dieses auffallende Resultat durch Versuche nicht weiter bestätigt, wir werden aber weiter unten Erfahrungen Ritter's mittheilen, welche gleichfalls hierfür zu sprechen scheinen.

Gay-Lüssac und Thénard [1] wollen das Gesetz gefunden haben, dafs das Quantum der Gasentwickelung den Cubikwurzeln aus der Anzahl der Platten ziemlich proportional sey; dieses Gesetz ist aber in offenbarem Widerspruche mit den Resultaten der Versuche Bischoff's, denn berechnet man danach die wasserzersetzende Kraft für obige Säulen, so kommen folgende Zahlen heraus: 37; 47; 53; 59. Dieser auffallende Widerspruch erklärt sich vorzüglich daraus, dafs die von den französischen Physikern angewandten, mit verdünnter Schwefelsäure gefüllten, Trog-Apparate an Wirksamkeit aufserordentlich schnell abnehmen, und eben daher nicht wohl vergleichbare Resultate iefern konnten. Die von H. Davy erhaltenen Resultate weichen von denen der französischen Physiker noch auffallender ab, indem er die Gasmengen in einem zunehmenden Verhältnisse mit der Zahl der Schichtungen, und einem Versuche zufolge nahe zu im quadratischen Verhältnisse der Anzahl derselben fand [2]. Da man diese Abweichungen nicht blofs von zufälligen Umständen, die etwa nicht gehörig beachtet wurden, ableiten kann, so mufs man annehmen, dafs bei verschiedenen Apparaten, wie sie von diesen verschiedenen Beobachtern gebraucht wurden, wo nämlich theils die Gröfse der Oberfläche,

1 Recherches physico-chimiques, übers. in G. XXXVIII. 144.

2 G. VIII. 137.

theils die Beschaffenheit des feuchten Zwischenleiters, theils die ganze Construction des Apparats eine verschiedene war, indem Gay-Lussac und Thénard einen Trogapparat, Davy einen Zellenapparat und Bischoff eine gewöhnliche Säule anwendeten, so wie auch für verschiedene Beschaffenheit der Gasröhre nach ihrer Weite, der Entfernung der Polardrähte von einander, das Gesetz, nach welchem die Zunahme der Wirksamkeit mit der Zahl der Plattenpaare veränderlich ist, ein verschiedenes seyn möchte.

2. Der zweite Factor, der auf das Quantum der Wasserzersezzung seinen Einfluſs äuſsert, ist die *Gröſse der Oberfläche* der Plattenpaare. Gay-Lussac und Thénard nahmen zwei Volta'sche Batterien von 20 Plattenpaaren, deren Oberfläche sich zu einander verhielten, wie 1 : 19, 72. Die Zellen ihres Trog-Apparats wurden mit einer Flüssigkeit gefüllt, die auf 40 Maſs Wasser 1 Maſs Salpetersäure enthielt, die Flüssigkeit des Gasentbindungsapparats enthielt auf 3 Maſs Wasser 1 Maſs Säure. Nach gehöriger Berücksichtigung des gröſsern Inhalts der Zellen des groſsplattigen Apparats relativ gegen die gröſsere Oberfläche, und da die Beobachter in einer andern Reihe von Versuchen gefunden hatten, daſs die Wirksamkeit einer Säule unter übrigens gleichen Umständen der Menge der Säure proportional ist, mittelst welcher sie in Wirksamkeit gesetzt wird, so fanden sie, daſs die Menge der Gasentbindung genau der Oberfläche proportional sey. Daſs indeſs dieses Verhältniſs nicht als ein ganz allgemein gültiges anzunehmen sey, läſst sich zum voraus erwarten, da es wesentlich darauf ankommt, ob auch die andern Factoren, die auf das Quantum der Wasserzersetzung ihren Einfluſs äuſsern, in dem richtigen Verhältnisse zu der jedesmaligen Gröſse der Platten stehen, und ob namentlich das Wasser in der Gasröhre in seiner Capacität für die Aufnahme der durch die Gröſse der Oberfläche nachstehenden Action in demselben Maſse sich vergröſsern lasse, wie diese letztere wächst. In der That haben auch einige Physiker keine gröſsere Wasserzersetzung durch groſsplattige wie durch kleinplattige Säulen erhalten, wenn diese ihrer Gröſse nach in einem gewissen Verhältnisse zu dem Durchmesser der Gasröhre und ihren übrigen Bestimmungen standen[1]. Reinhold errichtete 4 Kupfer-Zinksäulen a, b, c, d, jede von 25 Lagen; die Pappscheiben waren mit derselben Kochsalzlösung gleich-

1 Simon bei G. X. 385.

förmig befeuchtet, a hatte $2\frac{1}{2}$ zöllige, b 1 zöllige Platten, c bestand aus $2\frac{1}{2}$ zölligen Zink- und 1 zölligen Kupferplatten, d aus $2\frac{1}{2}$ zölligem Kupfer- und 1 zölligen Zinkplatten. Um über die wasserzersetzende Kraft dieser Säulen, wenn sie einzeln oder durch Verbindung ihrer gleichnamigen Pole in binärer, ternärer und quaternärer Verbindung angewandt wurden, wodurch sie zu Säulen von wachsender Gröſse der Oberfläche bei gleichbleibender Anzahl der Schichtungen wurden, wählte er mehrere mit destillirtem Wasser gefüllte Glasröhren, welche an ihren Golddrähten zusammengehängt wurden. Die Golddrähte im Innern der Röhren brachte er in eine solche Weite von einander, daſs sie so eben Gas zu geben aufhörten. Mit diesem Apparate prüfte er jede einzelne Säule sowohl, als ihre oben angegebenen Verbindungen, indem durch ihn die Kette geschlossen wurde. Nie war ein Unterschied bemerkbar; wo einmal Action erschien, erschien sie immer, wo sie einmal fehlte, fehlte sie allen. Ganz anders würde der Erfolg ausgefallen seyn, wenn Reinhold in die Entbindungröhre eine besser leitende Flüssigkeit gebracht, und überhaupt das Leitungsvermögen der Gasröhre durch Erweiterung derselben, Annäherung der Drähte an einander u. dgl. der gröſseren Quantität von E., welche die Vereinigung der Säulen geben muſste, angepaſst hätte. So fand Davy zwar auch, daſs zwei Apparate von gleicher Anzahl von Schichtungen (20), wovon der eine aber aus Platten von nur 5 Z. Durchmesser bestand, der andere aber ein Trogapparat war, dessen Platten 13 Z. Seite hatten, und die Zellen mit verdünnter Salpetersäure gefüllt waren, in reinem Wasser fast gleichviel Gas gaben, dagegen der letztere Apparat in Schwefelsäure, Salpetersäure und verschiedenen Salzauflösungen viel schneller und in gröſserer Menge Gas entwickelte, als der erstere.

3) Daſs drittens vorzüglich die *Beschaffenheit des feuchten Zwischenleiters* den gröſsten Einfluſs auf die Wirksamkeit der Säule in der Wasserzersetzung haben werde, läſst sich nach den Resultaten der Versuche mit der einfachen Kette erwarten. Die wichtigsten Erfahrungen hierüber verdanken wir H. Davy, Gay-Lussac und Thénard nebst van Marum und Pfaff. Davy glaubte aus seinen mannigfaltigen Versuchen den Schluſs ziehen zu können, daſs die flüssigen Stoffe, welche die unvollkommenen Metalle am schnellsten oxydiren, und zugleich den sich entbindenden Wasserstoff condensiren, den galvanischen

Metallbatterien die gröfste Energie sowohl in Ansehung der Wasserzetzung, als auch in Hervorbringung anderer von ihnen abhängiger Wirkungen ertheilten. Salpetersäure, Königswasser und oxydirte Salzsäure zeigten sich ihm am wirksamsten, dann die Metallauflösungen in Säuren, in denen die Metalle am meisten oxydirt sind, die Salzsäure, Schwefelsäure und die Neutralsalze aus diesen Säuren und aus Salpetersäure; am schwächsten wirkt blofses Wasser[1]. Ein Zellenapparat von 20 Silber- und Zinkplatten, dessen Zellen mit concentrirter Schwefelsäure von 1900 spec. Gewicht gefüllt waren, zeigte so gut wie gar keine Wirkung weder in der Gasröhre, noch auf den menschlichen Körper, einen geringen kaustischen Geschmack ausgenommen; wurde aber ein Tropfen Wasser in jede Zelle gebracht, so zeigte sich sogleich Wasserzersetzung in der Gasröhre[2]. Liquider Schwefelstrontian als feuchter Zwischenleiter einer Zinksilbersäule von 25 Lagen gab nicht die mindeste Wirkung; kaum waren aber die Seiten der Säule mit ein wenig Salpetersäure befeuchtet, so gab sie so starke Schläge und Wasserzersetzung wie eine gewöhnliche Säule. Van Marum und Pfaff fanden bei Zink-Kupfersäulen kalte Salmiakauflösung vorzüglich wirksam, und sogar 4mal stärker als Kochsalzauflösung in Schmelzung von Eisendrähten. Ja, sie fanden diese Salmiakauflösung sogar wirksamer als verdünnte sowohl wie concentrirte Salpetersäure[3], eine sehr auffallende Abweichung von Davy's Resultaten, die sich aus der Verschiedenheit der angewandten Apparate erklären läfst, indem in Davy's Versuchen die Flüssigkeiten rein wirken konnten, während sie in jenen Versuchen zur Befeuchtung von Pappscheiben gebraucht wurden, welche zersetzend auf die Salpetersäure wirken mufsten. Ammoniakflüssigkeit fanden sie viel unwirksamer als Salmiakauflösung; dagegen eine concentrirte Auflösung von Kali aufserordentlich wirksam mit der Zink- und Kupfersäule, und viel wirksamer als schwefelsaures Kali[4]. Gay-Lüssac und Thénard wandten zu ihren Versuchen einen Zellenapparat mit Zink-Kupferplatten an. Sie fanden die Wasserzersetzung der

1 G. VIII. 311.
2 Ebend. VIII. 11.
3 X. 149.
4 a. a. O. S. 157.

Stärke der angewandten Salpetersäure ziemlich genau proportional von einer Verdünnung der käuflichen Salpetersäure mit ihren 79fachen Volumen Wasser bis zu derjenigen mit dem 9fachen Volumen; die Wirkung der verdünnten Schwefelsäure fanden sie durch Auflösung von Kochsalz in derselben in einem viel höheren Maſse verstärkt, als nach der Wirksamkeit einer Auflösung der gleichen Menge Kochsalz erwartet werden konnte, was jedoch nicht unerwartet ist, da die durch die Schwefelsäure entbundene Salzsäure hierbei zur Thätigkeit kam[1].

4. Den gröſsten Einfluſs auf das Quantum der Wasserzersetzung äuſsert endlich die *Gasröhre* selbst nach den mannichfaltigen Abänderungen, welche die an ihr in Betrachtung kommenden Verhältnisse zulassen, sowohl an und für sich als relativ gegen die in Anwendung gebrachten galvanischen Apparate betrachtet.

a. Das erste Moment ist die *Entfernung der Polardrähte von einander*. Im Allgemeinen nimmt die Gasentwickelung in demselben Verhältnisse zu, in welchem die Entfernung der Drähte abnimmt. Dieses fanden schon in den ersten Versuchen mit der Säule Carlisle und Nicholson[2], und bestätigten später viele andere Physiker, wie Bucholz[3], Erman[4], Marechaux[5], Bischoff[6] u. A. Ritter[7] behauptet, daſs die Gasentwickelung in dem einfachen directen Verhältnisse der beiden Drähte von einander abnehme, und gründet auch darauf eine sinnreiche Methode, das verschiedene Leitungsvermögen der Flüssigkeiten durch das Verhältniſs der nöthigen Entfernungen der Drähte in denselben, wenn in einer damit verbundenen zweiten Gasröhre eine immer gleiche Gasentbindung statt findet, zu bestimmen. Marechaux[8] erhielt in verschiedenen Entfernungen der Drähte von einander bei übrigens sonst gleichen Umständen und jedesmaliger Anwendung von Brun-

1 G. XXXVIII. 131.
2 Ebend. VI. 350.
3 Ebend. IX. 440.
4 Ebend. X. 210.
5 Ebend. XI. 125.
6 Kastner's Arch. IV. 63.
7 G. IX. 306.
8 Ebend. XI. 13.

nenwasser-Gasmengen, die durch folgende Zahlen angezeigt werden:

Entfernungen beider Spitzen	8″;	5″;	3″;	1″;
Gasmengen	16;	21;	23;	23.

Man sieht hieraus, daſs es eine gewisse Nähe der Drähte giebt, bei welcher das Quantum der Gasentbindung sein Maximum erreicht. Diese Entfernung wird nach Verschiedenheit der Säulen selbst und den anderweitigen Verschiedenheiten, deren der Entbindungsapparat fähig ist, namentlich ob reines Wasser, oder mit Salzen, Säuren u. s. w. versetztes in die Gasröhre gebracht wird, zwar sehr verschieden ausfallen, aber dieses Maximum wird jedesmal dann eintreten, wenn die Drähte einander so nahe gebracht sind, daſs unter den obwaltenden Umständen der Zwischenraum der Flüssigkeit zwischen den Drähten eben so vollkommen leitet, als die Säule selbst, und folglich in jedem Augenblicke alles verbraucht wird, was die Säule zuführen kann. Die Entfernung, bei welcher die Drähte aufhören noch Gas zu geben, hängt gleichfalls von diesen anderweitigen Umständen, besonders aber von der Wirksamkeit der Säule ab. Erman[1], als er zwei Röhren von beträchtlicher Länge, in welche Platindrähte reichten, durch eine mit Wasser gefüllte heberförmige Röhre verband, erhielt durch eine Säule von 100 Plattenpaaren Zink und Kupfer noch Gasentbindung an beiden Drähten, ohngeachtet ihre Enden um 18 Fuſs von einander entfernt waren. Sind mehrere Glasröhren in einer Reihe mit einander verbunden, so ist die Gasentbindung in jeder einzelnen Röhre jedesmal schwächer, als sie bei gleicher Entfernung der Drähte ist, wenn diese Röhre für sich allein den schlieſsenden Bogen bildete; die einzelnen Entfernungen vermindern also gleichsam durch Addition zu einander das Quantum der Wasserzersetzung, doch ohne daſs bis jetzt über das Verhältniſs, in welchem dieses geschieht, genauer messende Versuche angestellt wären. Bei gleicher Entfernung der Drähte von einander scheint nach den oben von Huth angeführten Versuchen die Wasserzersetzung zugleich in dem Verhältnisse abzunehmen, in welchem die Entfernung derselben von den Polardräthen gröſser ist.

b. Die *Beschaffenheit der Drähte selbst* äuſsert einen sehr auffallenden Einfluſs auf die Stärke des Processes. Mare-

1 G. VIII. 206.

CHAUX, indem er für den Hydrogenpol stets Messingdraht beibehielt, und bloſs den Oxygendraht wechselte, erhielt folgende Resultate, wo die Grade die Verhältnisse der in gleichen Zeiten erhaltenen Mengen von Wasserstoffgas anzeigen.

Oxygendraht.	
Gold mit etwas Kupfer versetzt	$2\frac{1}{2}$°
Holzkohle	4 —
Wasserblei (wahrscheinlich aber Graphit)	7 —
Ganz feines Silber	10 —
Messing	9 —
Stahl	11 —
Zink	20 —

Das der Zersetzung unterworfene Wasser war Brunnenwasser.

Man sieht hieraus, daſs um so mehr Wasser zersetzt wird, je näher die das Oxygen gebenden Drähte in der Spannungsreihe dem positiven Ende zu liegen, oder je oxydabler sie selbst sind. Ein gleiches Resultat erhielt auch RITTER, welchem zufolge, um das Maximum von Zersetzung zu erhalten, der für den Oxygenpol bestimmte Draht so oxydirbar, wie möglich, und der für den Hydrogenpol bestimmte Drath so unoxydirbar wie möglich seyn soll [1]. Er fand in seinem ersten Versuchen die Gasentbindung am stärksten, als er zwei Zinkdrähte, und am schwächsten, als er zwei Stücke krystallisirtes Graubraunsteinerz als Zuleiter anwandte. Auch SCHWEIGGER beobachtete den günstigen Einfluſs eines mehr oxydirbaren Metalls als Zuleiters vom positiven Pole aus auf das Quantum der Wasserzersetzung [2].

c. Auch die *relative Gröſse der Oberfläche*, mit welcher die Drähte mit dem Wasser in der Entbindungsröhre in Berührung kommen, äuſsert ihren Einfluſs, GAY-LÜSSAC und THÉNARD lieſsen die Platindrähte von den beiden Polen eines Zellen-Apparats aus in einen Trichter gehen. Die Flüssigkeit in demselben bestand aus 1 Maſs starker Salpetersäure und 3 Maſs Wasser. Bei einer Länge der Platindrähte von 8 Centimetern betrug die Menge 149 Maſs im Mittel, bei 4 Centimetern 156 Maſs, bei einer Verkürzung auf 2 Centimeter nahm die Wirkung so merklich ab, daſs das Mittel aus 5 Versuchen nur 65 Maſs betrug. Als

1 Voigt's Magazin II. 370. Gehl. Journal IV. 622. Das el. System der Körper S. 171.

2 Gehl. IX. 319.

aber der Flüssigkeit im Trichter mehr Säure beigemischt und dadurch ihr Leitungsvermögen erhöht wurde, betrug die Gasmenge sogar 180 Maſs, sämmtlich in demselben Zeitraume von 20 Minuten. Hierher gehört auch ein interessanter Versuch von Desormes [1]. Als dieser von zwei ganz übereinstimmenden galvanischen Apparaten die Endplatten durch oxydirbare Drähte mit einem Wassergefäſse so verbunden hatte, daſs er das sich entwickelnde Gas auffangen konnte, und daſs von den Drähten der negativen Pole gleiche Stücke, dagegen von dem einen der Drähte des positiven Pols 6 mal so viel als von dem andern eingetaucht war, so hatten beide nach 20 Stunden gleichviel Gas entwickelt. Dasselbe war auch der Fall, als beide Drähte vom positiven Pole gleichweit in das Wasser tauchten, dagegen von dem einen der Drähte des negativen Pols ein 6 mal gröſseres Stück als von dem andern, sich unter dem Wasser befand. Man sieht also, daſs in dem Verhältnisse, in welchem wenigere Puncte mit dem Wasser in Berührung kommen, die Intensität, mit welcher jeder Punct auf das Wasser wirkt, und dasselbe zersetzt, in gleichem Verhältnisse zunimmt. Auch erklärt sich hieraus überhaupt die so auffallende Gasentwickelung an den Polardrähten, verglichen mit derjenigen an den einzelnen Platten der Säule, an denen doch in dem feuchten Zwischenleiter ganz derselbe Proceſs, sowohl der Qualität als Quantität nach, statt findet, wo aber in jedem einzelnen Puncte der Proceſs um so schwächer wird, je gröſser die Berührungsfläche des feuchten Leiters mit den Platten selbst ist.

d. Auch die *Dauer der Anwendung* derselben Drähte äuſsert ihren Einfluſs nach Ritter's Erfahrungen. Der Gasstrom erscheint um so schneller (ob auch um so reichlicher, ist nicht von ihm bemerkt), je öfter man dieselbe Gasröhre mit denselben mit kurzer Unterbrechung gebraucht hat, doch verliert sich dieser Einfluſs wieder, wenn man mit einer neuen Schlieſsung der Säule durch die Gasröhre lange genug verzieht. Der Einfluſs des Gewesenseyns der Drähte in der Kette zeigt sich aber gerade entgegengesetzt, so wie man beim zweiten Einbringen der Drähte in die Kette die Röhre, und damit die Drähte, umkehrt, so daſs der Draht, welcher vorher Hydrogen gab, hernach Oxygen geben muſs, welches so weit gehen kann, daſs wenn die Röhre

1 G. IX. 24.

beim ersten Seyn in der Kette, also in der einen Richtung, den Hydrogenstrom nach 8 Secunden gab, beim zweiten Hineinbringen, oder bei der entgegengesetzten Richtung der Röhre, 12 ja 16 Secunden verstreichen, bis die Gasentwickelung anfängt.

e. Mancherlei *Beimischungen* zum Wasser haben ganz unabhängig von dem, was sie durch ihre eigene Zersetzung zur Modification des chemischen Processes beitragen, einen wesentlichen Einfluſs auf die Stärke der Wasserzersetzung. Hierüber haben besonders Gay-Lüssac und Thénard mit dem oben angeführten Apparate Versuche angestellt, durch welche sie zugleich das richtige Maſs des Leitungsvermögens verschiedener Flüssigkeiten erhalten zu haben glaubten. Waren verdünnte Salpetersäure, Schwefel- oder Salzsäure in dem Trichter, so entwickelte sich ungefähr 4 mal so viel Gas, als wenn sich etwas kohlensaurer Kalk enthaltendes Wasser darin befand. Wenn verdünnte Salpetersäure im Trichter 827 Maſstheile Gas gab, so gab Natronlauge in einem solchen Verhältnisse verdünnt, daſs sie eine gleiche Menge jener Salpetersäure gerade sättigen konnte, nur 510 Maſstheile, und salpetersaures Natron, aus jenen beiden Flüssigkeiten zusammengesetzt, gab nur 223 Maſstheile. Als sie eine Auflösung von schwefelsaurem Natron in verschiedenem Verdünnungszustande in den Trichter brachten, zeigte sich zwar um so stärkere Gasentwickelung, je concentrirter die Lösung war; aber es fand kein genaues Verhältniſs zwischen Concentration und Gasmenge statt [1]. Indeſs wird der Einfluſs einer solchen Beimischung auf das Quantum der Wasserzersezzung wesentlich mit durch die jedesmalige Beschaffenheit des Volta'schen Apparats selbst bestimmt, und kann nach Verschiedenheit desselben gerade entgegengesetzte Wirkungen äuſsern. Ritter [2] stellt als Resultat seiner Versuche den allgemeinen Satz auf, daſs wenn die Action der Säule, oder was immer für eines elektromotorischen Apparats bei starker Spannung von nicht sonderlicher und nicht lange anhaltender Succession sey, schlechter leitende Flüssigkeiten in der Gasröhre bessere Dienste leisten, als gutleitende, während bei schwacher Spannung, aber reicher und lange anhaltender Succession der Action besser leitende Flüs-

1 G. XXXVIII. 131.

2 Gehl. J. IV. 622.

sigkeiten gröſsere Producte, also ein gröſseres Quantum von Wasserzersetzung geben. So sey bei einer Säule von vielen Lagen, mit Wasser aufgebaut, die Wasserzersetzung eben so stark und fast stärker, wenn sich in der Gasröhre reines Wasser, als wenn sich Salmiakauflösung darin befinde, während bei einer Säule von wenigen Lagen, aber mit Salmiak aufgebaut, die Wasserzersetzung sehr befördert werde, wenn man in dem Wasser Salmiak auflöse oder ihm eine Säure beimische. Daſs die Art, wie die im Wasser aufgelöste Materie, oder die demselben beigemischse Flüssigkeit, in den Zersetzungsproceſs mit eingreift, die Menge des Gases in gewissen Fällen vermehren, in andern vermindern kann, ohne daſs darum der Proceſs an und für sich an Lebhaftigkeit verschieden wäre, und daſs man eben darum aus der Menge des entwickelten Gases so wenig auf die Stärke des Leitungsvermögens der verschiedenen Flüssigkeiten, die sich in der Gasröhre befinden, als auf die comparative Wirksamkeit der Säule einen Schluſs machen könne, ergab sich schon aus H. Davy's früheren Versuchen [1]. Er fand, daſs nach der Schnelligkeit zu urtheilen, mit welcher sich Gas in verschiedenen Flüssigkeiten, womit die Gasröhre gefüllt war, entwickelte, und nach der Menge desselben Kalilauge besser leitete als Wasser, dieses besser als liquides Ammoniak, und daſs die drei Mineralsäuren sich als die *schlechtesten* flüssigen Leiter bewiesen.

Noch auffallender sind die Resultate von Förstemann's Versuchen, welcher verschiedene Flüssigkeiten nach der Menge des Gases, welches sie in gleicher Zeit unter der Einwirkung einer Zinkkupfersäule von 204 Plattenpaaren von etwa 2 Quadratzoll Oberfläche und mit Kochsalzauflösung aufgebauet, in folgender Ordnung auf einander folgend fand:

	specif. Gewicht	Gasmenge in gleicher Zeit
Essig	1,024	1,200
Wasser	1,000	1,000
Ammoniak	0,936	0,912
Kalilauge	1,172	0,885
Schwefelsäure	1,848	0,779
Salmiaklösung	1,064	0,722
Kochsalzlösung	1,166	0,549
Salzsäure	1,126	0,529

1 G. VII. 126.

	specif. Gewicht	Gasmenge in gleicher Zeit
Salpetersäure	1,236	0,391
Bleizuckerlösung	1,132	0,000

woraus Förstemann den Schlufs zieht, dafs die elektrochemische Wirkung der Säule in den ziemlich concentrirt angewandten Flüssigkeiten sich hauptsächlich auf die Zersetzung des in dem Wasser enthaltenen Stoffes beschränke, dagegen gar nicht oder nur in geringem Grade auf das Wasser selbst zersetzend wirke, wozu noch kommt, dafs die aus der Zersetzung des Wassers resultirenden Bestandtheile in einigen dieser Flüssigkeiten, wie insbesondere in der Schwefelsäure, in der Bleizuckerauflösung zu anderweitigen chemischen Processen wieder verwandt werden, und daher nicht gasförmig erscheinen. Verdünnte Förstemann jene Auflösungen von Salzen, die Schwefelsäure u. s. w. mit Wasser, so nahm die Gasentbindung in ihnen zu, doch ohne die Gröfse wie in reinem Wasser zu erreichen, während die Verdünnung mit Wasser auf die Essigsäure und das Ammoniak einen entgegengesetzten Einflufs äufserte, wovon bei dem letzteren, das doch auch zu den Flüssigkeiten gehörte, die weniger Gas als reines Wasser gaben, der Grund darin zu suchen seyn möchte, dafs der chemische Procefs in demselben eine andere Form angenommen hatte, indem etwa das Ammoniak selbst nicht mehr zersetzt werden konnte.

Dafs auf die relative Stärke der Gasentwickelung in verschiedenen Flüssigkeiten auch die Beschaffenheit des galvanischen Apparates selbst einen bedeutenden Einflufs äufsere, erhellet aufser aus den oben angeführten Versuchen Gay-Lüssac's und Thénard's auch aus denen von H. Davy, welcher mit einem äufserst kräftigen Trog-Apparate bei Anwendung von Kohlenstücken als Zuleiter mehr Gas aus der Schwelsäure als aus dem Wasser erhielt [1].

f. Auch die *Weite der Entbindungsröhre* äufsert ihren Einflufs. In sehr engen Röhren findet nach Charles Sylvester gar keine merkliche Wasserzersetzung statt [2]. Nach meinen eigenen Versuchen hat jeder galvanische Apparat eine ihm angemessene Weite der Gasröhre, bei welcher er das Maximum von Wasserzersetzung giebt, und zwar kann die Röhre in dem

1 G. XII. 357.

2 Ebend. XXIII. 271.

Verhältnisse weiter genommen werden, in welchem die Zahl der Schichtungen die Gröſse der Oberfläche der Platten und die Leitungsfähigkeit des feuchten Zwischenleiters zunehmen.

5. Auch die *Dauer der Zeit*, während welcher eine Volta'sche Säule gewirkt hat, äuſsert einen beträchtlichen Einfluſs auf die Menge des sich entwickelnden Gases. Dieser Einfluſs äuſsert sich indeſs auf eine sehr verschiedene Weise nach Verschiedenheit der Volta'schen Apparate, wovon noch unter dem Artikel: *Säule*, *Volta'sche*, näher die Rede seyn wird. Für eine gewöhnliche Säule aus kleineren (von etwa zwei Quadratzoll) Zink- und Kupferscheiben, deren Tuchscheiben mit Kochsalzlösungen getränkt waren, fand Bischoff [1] die tägliche Abnahme einige Tage nach ihrer Aufbauung etwa $\frac{1}{7}$ der ursprünglichen Stärke, nach der Menge des Gases bestimmt, innerhalb 24 Stunden.

6. Merkwürdig, und noch nicht vollkommen erklärt sind diejenigen *Schwankungen* solcher Säulen in ihrer Wirksamkeit, welche vielleicht mit atmosphärischen Veränderungen zusammenhängen. Daſs Veränderungen der Lufttemperatur, auch nur um einige Grade, von Einfluſs seyn können, fand unter andern Bischoff, und zwar stieg die Wasser zersetzende Kraft jedesmal mit Erhöhung der Temperatur und fiel mit Erniedrigung derselben [2]. Aber auch bei gleichbleibender Lufttemperatur fand Bischoff in einem Falle eine sehr auffallende Verstärkung der Wirksamheit, da ein Gewitter in der Nähe vorbeizog und am folgenden Tag wirkte die Säule viel schwächer, wie wenn sie sich den Abend vorher erschöpft hätte [3].

7. Ein merkwürdiges Resultat aus Bischoff's und anderen Versuchen ist, daſs es keinen merklichen Einfluſs auf die Menge der Gasentwickelung hat, ob die Säule vollkommen isolirt ist und die Verbindung der beiden Pole bloſs durch die Gasentbindungsröhre geschieht, oder ob der eine oder andere Pol zugleich ableitend berührt werden. Ja selbst eine Ableitung beider Pole hat keine merkliche Verminderung zur Folge. Bischoff hatte zwei Säulen so neben einander errichtet, daſs, indem die unteren oder oberen Enden mit einander durch einen Metall-

1 Kastner's Archiv IV. 60.
2 Ebend. 38. 39.
3 a. a. O. S. 50.

streifen verbunden wurden, eine einzelne zweischenkliche Säule dadurch entstand, deren beide Pole in dem ersten Falle nach oben, in dem zweiten nach unten sich befanden. Ohngeachtet nun wegen der unvollkommenen Isolirung der untern Enden in diesem zweiten Falle die Pole selbst keine Spur einer freien el. Spannung zeigten, während in dem ersten Falle die volle Intensität der Spannung da war, so war doch die Gasentwickelung gleich stark, ob die Gasröhre zwischen den beiden untern Polen die Verbindnng machte, oder ob sie zwischen den beiden obern Polen eingehängt war.

8. Endlich verdient noch bemerkt zu werden, daſs in hermetisch verschlossenen Gasröhren, in welchen das entbundene Gas nicht entweichen kann, wenn man z. B. die Röhre um die Golddrähte zuschmilzt, zwar eine ganz kurze Zeit einige Gasentbindung statt findet, die aber sehr bald aufhört, wenn das entwickelte Gas einen Druck auf die Flüssigkeit ausübt[1]. Wenn Voigt unter dem Drucke von 8 Atmosphären noch Gasentbindung beobachtet haben will, so lag hier wohl ein Irrthum in der Beobachtung zum Grunde[2].

85. Beinahe in allen Fällen der Wasserzersetzung durch Polardrähte zeigen sich zugleich mehr oder weniger auffallende Spuren von Säurebildung am positiven und von Alkalibildung am negativen Pole; sie sind gleich vom Anfange an bemerkt worden, und haben eine groſse Reihe von Versuchen veranlaſst; theils um die wahre Natur der Säuren und des Alkalis auszumitteln, theils auch die Entstehungsweise dieser Substanzen aufzuklären. Leitet man nämlich die beiden Polardrähte in Wasser, das durch ein vegetabilisches Pigment, welches durch Säuren und Alkalien verschiedene Farbenveränderungen erleiden kann, gefärbt ist, so zeigen sich an den beiden Drähten die entsprechenden Farbenveränderungen. War z. B. das Wasser durch Braunkohlentinctur blau gefärbt, so verändert bei der geschlossenen Säule der positive Polardraht diese Farbe gleich einer Säure in Roth, und der negative Polardraht sie eben so wie Alkali in Grün. Diese Farbenveränderung läſst sich besonders auffallend in einer winkelförmig gebogenen Glasröhre, welche mit einem Braunkohlaufguſs gefüllt ist, in deren einen Schenkel der

1 Simon in G. X. 297. 298.

2 Dessen neuestes Magazin II. 555.

positive, in den andern der negative Polardraht hineinreichen, darstellen. Wechselt man, nachdem in beiden Schenkeln die verschiedenen Färbungen eingetreten sind, die Drähte, so nimmt die geröthete Flüssigkeit bald ihre ursprüngliche blaue Farbe wieder an, und wird dann grün, und die grüne Flüssigkeit geht durch die ursprüngliche blaue Farbe in die rothe über. Gleich bei den ersten Versuchen über die Wasserzersetzung wurden ähnliche Beobachtungen gemacht durch Carlisle[1], welcher die Lackmustinctur am positiven Drahte stark roth gefärbt fand, während sie am negativen ihre ursprünglich etwas ins Purpur spielende Farbe in Dunkelblau veränderte; durch Cruickshank[2] gleichfalls an der Lackmustinctur, an dem Fernambukaufguſs, der besonders bei Anwendung von Gold- und Platindrähten um den negativen Draht eine so dunkle Purpurfarbe erhielt, wie wenn er durch Ammoniak gefärbt wäre, an dem positiven Drahte seine Farbe fast gänzlich verlor; durch Böckmann[3], durch Desormes am Veilchensafte, welcher am positiven Platindrahte roth, am negativen grün wurde[4]; durch Erman[5], Reinhold[6] u. a. m. Daſs diese Farbenveränderung nicht etwa von einer Wirkung der aus dem Wasser entbundenen Bestandtheile auf die Pigmente, sondern von der Bildung einer wirklichen Säure und eines Alkalis abhängen, beweist der Umstand, daſs wenn man das bloſse Wasser in einer winkelförmigen Röhre der Einwirkung der Polardrähte aussetzt, die zu den einzelnen Portionen hinzugefügten Pflanzenpigmente dieselbe Veränderung erleiden. Diese Säure wurde gleich vom Anfange an als Salpetersäure und das Alkali als Ammoniak erkannt von Cruickshank, Böckmann, Pfaff, Reinhold, welcher die Bildung der Salpetersäure und eines Alkalis auch bei der Einwirkung der Säule auf frisch gefallenen und dadurch geschmolzenen Schnee beobachtete. Simon erhielt, als er nach der oben angeführten Weise zwei Röhren durch einen Streifen mageres Rindfleisch verband, am po-

1 G. VI. 310
2 Ebend. 363.
3 Ebend. VII. 94.
4 Ebend. IX. 28.
5 Ebend. X. 15.
6 Ebend. 458. Anm.
7 Ebend. VII. 510.

sitiven Drahte deutliche Spuren von Salzsäure, doch mit etwas Salpetersäure gemischt, am negativen Drahte von Ammoniak [1], dagegen wollte er bei wiederholtem Galvanisiren des reinen Wassers mit reinen Gold- oder Platindrähten weder eine Spur von Säure noch von Laugensalz erhalten haben; war aber nur eine Spur von animalischer oder vegetabilischer Substanz im Wasser befindlich, so blieb die Säureerzeugung nie aus. Ein kleiner Tropfen der Auflösung des Gummi arabicum, etwas Zucker, ein Stückchen Fleisch waren dazu schon hinreichend. Bei Anwendung von Silberdrähten war dagegen auch im reinsten Wasser die Säureerzeugung sehr auffallend, und das Silber löste sich auf, welches Simon von der Verwandtschaft des Silberoxyds zur Salpetersäure, die hierbei als eine disponirende wirke, herleitet [2]. Desormes [3] erhielt auch bei Anwendung des reinsten destillirten Wassers vielmehr neben dem Ammoniak deutliche Spuren von Salzsäure. Die Versuche von Bucholz [4] mit einem negativen Resultate erklären sich daraus, dafs er bei der Prüfung des Wassers nicht die höchste Sorgfalt anwendete. Später wurde von einem Italiener Pacchiani [5] mit grofsem Lärmen als eine wichtige Entdeckung verkündigt, dafs durch die Einwirkung des galv. Fluidums auf das Wasser gleichzeitig Sazlsäure und Natron gebildet würden, und zwar erstere am positiven Pole durch Desoxydation des Wassers, letzteres am negativen Pole durch Dehydrogenisation desselben, so dafs Salzsäure, oxydirte Salzsäure und Wasser nur verschiedene Oxydationsstoffen des Wasserstoffs in der angegebenen Ordnung seyen, das durch Hyperoxydation sich gar in ein Laugensalz (Natron) verwandle. Diese so pomphaft angekündigte Entdeckung wurde auch bis auf einen gewissen Grad von Brugnatelli [6], Nauche und Veau-de Launay [7], so wie von Monza [8] und Sylvester [9]

1 G. VIII. 87.
2 Ebend. IX. 386.
3 Ebend. IX. 28.
4 Ebend. 482.
5 Ebend. XXI. 108. 113. XXII. 211. ff. auch Gehl. J. V. 242.
6 G. XXIII. 191.
7 Ebend. 465. und XXIV. 391.
8 Ebend. 394.
9 Ebend. XXV. 107.

bestätigt. Namentlich wollte Brugnatelli bei Anwendung des reinsten destillirten Wassers und bei Ausschliefsung aller animalischen und vegetabilischen Substanzen mit Golddrähten, Eisendrähten und Graubraunsteinerz als Leitern des positiven Pols deutliche Spuren von Salzsäure erhalten haben, während ihm Drähte von reinem Silber, Kupfer, und Antimon keine Spur von Säure, aber deutliche Anzeigen von Ammoniak, selbst in dem positiv galvanisirten Wasser gaben. In diesen Versuchen waren die Drähte in zwei verschiedene Röhren gesteckt, die unten mit einer Membran verschlossen und in ein Glas mit Wasser gestellt waren. Bei Anwendung von Zinn- und Zinkstreifen, in beiden Röhren, bildete sich in der Röhre des negativen Streifs sehr bald Alkali, das Wasser der positiven Röhre zeigte aber erst nach 12 Stunden schwache alkalische Reaction. Tauchten beide Streifen in dasselbe Wasser, so wurde es stark alkalisch. Man sieht, dafs in allen Fällen, wo Metalle angewandt wurden, die eine starke Anziehung zum Sauerstoff äufsern und ihn fixiren, sich keine Salpetersäure mit dem Stickstoff der im Wasser enthaltenen atmosphärischen Luft bilden konnte, während die Alkalibildung nicht gehindert war, indem letzteres sich später bei der Abnahme der el. Einwirkung durch chemische Anziehung auch in die andere Röhre hinüberziehen konnte. Beim Galvanisiren von essigsaurem Blei, salpetersaurem Silber, und Salpetersäure erhielt Brugnatelli keine Spur von Salzsäure.

Schon die früheren Versuche, insbesondere diejenigen von Simon, konnten Aufschlufs über die Quelle der Salzsäure in Pacchiani's und Brugnatelli's Versuchen geben, indem in den Zersetzungsversuchen des ersteren das Wasser stets mit animalischen und vegetabilischen Substanzen in Berührung gewesen war; diese Quelle und der Irrthum Pacchiani's, sofern er Salzsäure und Natron von einer Zersetzung des Wassers selbst herleitete, wurden aber noch ferner durch neue Versuche von Riffault [1], Erman [2], Biot und Thénard [3], Ritter [4] und Pfaff [5] ins Licht gesetzt. Endlich bewies Davy in seiner classischen Abhandlung

1 G. XXII. 202.
2 Ebend. 220. und in Gehl. N. J. V. 244.
3 G. XXII. 496.
4 Gehl. J. d. Ch. u. Ph. I. 86.
5 Ebend. S. 502. u. 703.

über die chemischen Wirkungen der galvanischen E.[6] mit aller Strenge, dafs *Salzsäure und Natron nie anders erscheinen, als wenn sie schon gebildet in den Stoffen oder Gefäfsen, deren man sich zur Wasserzersetzung bedient, voraus existiren.* Setzte er reines Wasser der Einwirkung der Polardrähte von Platin oder Gold in Gefäfsen von Gold oder Agath aus, die durch einen Streifen genäfsten Amianths verbunden waren, so entstand weder Salzsäure noch Natron, er erhielt aber an dem + Pole salpetrige Säure und am negativen Pole ein wenig Ammoniak. Diese beiden Substanzen bilden sich, wie auch von den oben angeführten Physikern, die ihre Bildung erkannt hatten, richtig bestimmt ward, auf Kosten des Stickstoffs der in dem Wasser enthaltenen atmosphärischen Luft; denn wenn sich der ganze Apparat in einer Atmosphäre von Wasserstoffgas befand und das in den Versuch gebrachte Wasser so vollkommen wie möglich ausgekocht war, so erschien keine von beiden Substanzen. Davy fand bei Gelegenheit seiner Versuche, dafs in der Substanz der angewandten Gefäfse selbst die Quelle zu einer solchen scheinbaren Entstehung von Säure und Laugensalz liegen könne, obgleich die Substanz der Gefäfse vom Wasser nicht angegriffen wird, wenn energisch wirkende Volta'sche Apparate angewandt werden. So scheidet sich aus gläsernen mit Wasser gefüllten Gefäfsen, wenn die Pole der Säule hineingeleitet werden, das Alkali des Glases am — Pole aus; cararischer Marmor, Thonschiefer, Serpentin, Zeolith u. a. Steine gaben Natron, Lepidolith Kali, glasige Lava vom Aetna Kali, Natron und Kalk, wenn entweder aus diesen Stoffen Gefäfse geformt und mit Wasser gefüllt, oder derbe Stücke von ihnen in schicklichen Gefäfsen in Berührung mit Wasser der Wirkung der Säule ausgesetzt wurden. Aus dem Basalte erhielt Davy auf diese Weise einerseits Salzsäure, andererseits Natron, als er nämlich Löcher in denselben gebohrt, diese mit reinem destillirten Wasser gefüllt und die Verbindung durch einen Amianthstreifen gemacht, und durch Platindrähte die Pole seiner Batterie in das Wasser hineingeleitet hatte.

86. Die Wirksamkeit der Volta'schen Säule wird durch das umgebende Medium mit bestimmt, auf welches sie selbst ihrer

1 G. XXVIII. 2. u. Gehl. J. d. Ch. u. Ph. V. 2.

Seits eine Rückwirkung ausübt. HALDANE [1] machte zuerst die Beobachtung, daſs eine Zink-Silbersäule von 40 Schichtungen, deren Pappscheiben mit bloſsem Wasser getränkt waren, unter dem Recipienten der Luftpumpe, nachdem das Barometer bis auf ½ Z. herabgesunken war, keine Wasserzersetzung mittelst kupferner Drähte mehr gab, die aber sogleich wieder eintrat, wenn man Luft zulieſs. HALDANE brachte ferner 3 Säulen, jede aus 40 silbernen Kronenthalern, eben so viel Zinkplatten und mit reinem Wasser genäſsten Scheiben bestehend unter drei Glasglocken, die erste mit atmosphärischer Luft, die zweite mit Sauerstoffgas, und die dritte mit Stickgas gefüllt, an den Enden der Säulen saſsen Messingdrähte, mit denen Kupferdrähte verbunden waren, die durch das Sperrwasser der Glocken in die Gasentbindungsröhre gingen. Die Säule unter der mit atmosphärischer Luft gefüllten Glocke gab Oxyd und Gas, doch nicht in solcher Menge wie beim Zutritte der freien Luft; die Säule im Sauerstoffgase, gab das meiste Gas und Oxd, die Säule im Stickgase gab dagegen weder Gas noch Oxyd, und blieb ohne alle merkliche Wirkung. Nach 24 Stunden wurden die Drähte erneuert, sie gaben aber jetzt keine merkliche Wirkung, das Wasser in den Glocken war angestiegen, zum Beweise, daſs Luftabsorption statt gefunden hatte.

H. DAVY [2] stellte noch genauere Versuche in dieser Hinsicht an. Er bediente sich in seinen Versuchen horizontaler Säulen, denen man mit einem Harzkitte an zwei oder drei Stellen längs den Seiten, ohne dadurch die freie Communication der Luft zu unterbrechen, die gehörige Festigkeit gab, damit sie schief gestellt nicht aus einander fielen. Da er sich durch vorläufige Versuche überzeugt hatte, daſs eine in Wasser getauchte Säule in der atmosphärischen Luft, sobald man sie herauszieht, ohne abgetrocknet zu werden, wiewohl schwächer als zuvor wirkt, und wiederholtes Eintauchen dann ihre Wirkung nicht weiter vermindert, so brachte er stets Säulen, die in künstlichen Gasarten wirken sollten, durch Wasser, welches das Gas sperrte, in den damit gefüllten Recipienten. Mit den Enden der Säulen waren Drähte verbunden, die in eine kleine Röhre voll destilirten Wassers gingen, und die er von auſsen mit Wachs be-

1 G. VII. 192. 193.

2 Ebend. VIII. 1.

kleidet hatte. Eine kleine Säule aus Zink, Silber und Pappscheiben, welche letztere mit Wasser, das eben gekocht hatte, angefeuchtet waren, wurde unter Wasser gesetzt, das eben gekocht hatte und noch warm war. Um es vor der Berührung mit der atmosphärischen Luft zu sichern, wurde ein harziger Kitt über das Wasser verbreitet, und an das Glas, nachdem es sich etwas abgekühlt hatte, befestigt. Nach 2 Tagen wurde die Säule aus dem Wasser genommen. Kaum waren die Zinkplatten etwas angegriffen. Im Wasser der mit der Säule verbundenen Röhre hatte sich kein Oxyd abgesetzt und kein Gas entwikkelt. Eine gleiche Säule unter Wasser, welches mit der atmosphärischen Luft in Berührung war, hatte etwas Gas entbunden, und viel weifses Oxyd abgesetzt. Auch waren die Zinkplatten an der äufsern und innern Seite weifs geworden. Aehnliche Säulen in reinem Wasserstoffgas, Stickgas, oxydirtem Stickgas und Kohlenstoffwasserstoffgas zeigten das Zink nicht stärker oxydirt als in dem ersten Versuche. Wurde die Säule durch das Sperrwasser in eine dieser Gasarten gebracht, so hörte sie nach 5—6 Minuten auf in ihrer Röhre Gas zu entbinden, indem (wie Davy erklärend hinzufügt) während dieser Zeit sich die atmosphärische Luft verzehrte, die in dem Wasser zwischen den Platten aufgelöst war. Frisches Gas von gleicher Beschaffenheit zugelassen, ertheilte der Säule ihre Wirksamkeit nicht wieder. Tauchte man aber die Säule in Wasser, welches mit atmosphärischer Luft geschwängert war, so stellte sich augenblicklich wieder Gasentbindung in der Röhre ein. Zahlreiche Versuche belehrten Davy, dafs wenn die Luftverdünnung so weit getrieben ward, dafs die Barometerprobe nur noch auf 0,6 Z. stand, alle Wirkung der galvanischen Säule aufhörte, auch wenn die Gasröhre sich aufserhalb des Recipienten befand. Dafs der Grund hiervon in der Fortschaffung alles adhärirenden Sauerstoffs im Wasser durch Auspumpen der in demselben enthaltenen atmosphärischen Luft und der darum nicht weiter möglichen Oxydation des Zinks, welcher durch ganz reines Wasser nicht oxydirt werden kann, liege, schien daraus hervorzugehen, dafs eine Säule deren feuchter Leiter Salpetersäure oder verdünnte Schwefelsäure war, in jenem luftverdünnten Raume noch wirksam blieb. Diefer Versuch wurde mit einem Trogapparate von 12 Plattenpaaren angestellt, welcher mit Wasser befeuchtet war, zu welchem in dem einen Falle ein Tropfen Salpetersäure in jede Zelle, in dem

andern ein Tropfen verdünnte Schwefelsäure gebracht worden war. Durch letztere Batterieen konnte die Wasserzersetzung eine halbe Stunde unterhalten werden. Doch war die Oxydation an dem, mit dem + Pole verbundenen Silberdrahte geringer, als in atmosphärischer Luft. In einer späteren Abhandlung [1] äufsert sich jedoch Davy weniger kategorisch über die Nothwendigkeit des dem Wasser adhärirenden Sauerstoffgases zur Wirksamkeit der Säule, wenn er sich so ausdrückt. „Ich habe selbst Grund zu glauben, dafs reines Wasser, d. i. solches, welches weder Luft noch feste Bestandtheile enthält, in dieser Batterie“ (ein Trogapparat aus zwanzig 4eckigen Platten von Zink und Kupfer von 13″ Seite) „gar keine Wirkung hervorbringen würde, wiewohl ich dieses nicht geradehin durch einen directen Versuch darthun konnte.“ Dagegen wollte er wiederholt gefunden haben, dafs eine Säule aus 36 Platten Z. K. von 5 Z. Seite mit reinem Wasser geschichtet im Stickgas und Wasserstoffgas ihre Wirksamkeit in ungefähr 2 Tagen verlor, sie darauf in atmosphärischer Luft wieder erhielt, und im Sauerstoffgase eine noch gröfsere Intensität zeigte. In atmosphärischer Luft wirkte eine Zinksilbersäule, deren Pappscheiben mit Wasser getränkt waren, 2 Tage lang, bis der Sauerstoff dieser Luft fast ganz verzehrt war. Eine von Salpetergas umgebene Säule zersetzte das Wasser langsamer als in atmosphärischer Luft. In gleichem Verhältnisse mit der Wasserzersetzung stand die Oxydation des Zinks. Durch Eintauchen in mit oxydirtem Stickgas geschwängertes Wasser erhielt eine Säule, die ihre Wirksamkeit in mephitischen Gasarten verloren hatte, dieselbe nicht wieder, dagegen vollkommen, wenn sie in verdünnte Salzsäure getaucht wurde, und sogar verstärkt durch augenblickliches Eintauchen in verdünnte Salpetersäure, behielt sie aber nur eine kurze Zeit. Unter Terpentingeist, der die atmosphärische Luft begierig verschluckt und den Scheiben zuführen kann, bleibt die Säule lange Zeit hindurch und fast eben so stark, als in atmosphärischer Luft, wirksam. Auch Böckmann [2] fand, dafs die Gaszersetzung durch eine Zink-Silber-Säule, deren Tuchscheiben blofs mit Wasser getränkt waren, im Stickgase und Wasserstoffgase nach kurzer Zeit merklich abnahm, doch ohne ganz aufzuhören, während

1 G. XII. 354.
2 Ebend. XI. 189.

sie im Sauerstoffgase verstärkt wurde; zugleich beobachtete er die Absorption des Sauerstoffs. VAN MARUM und PFAFF [1] fanden im luftverdünnten Raume, wo die Barometerprobe nur auf 5 Lin. stand, eine Zink-Kupfer-Säule von 60 Schichtungen, deren Pappscheiben mit Salmiakauflösung getränkt waren, in keiner ihrer Wirkungen, namentlich auch nicht in der Wasserzersetzung geschwächt; auch nachdem sie eine Stunde sich darin befunden hatte. Sie zeigte gleichfalls unverändert ihre ursprüngliche Spannung. Als darauf Kohlenwasserstoffgas in den leeren Raum gelassen wurde, zeigte sich die Säule immer noch unverändert in ihrer Wirkung, eben so wie im Stickgase. Im Sauerstoffgase waren die Erschütterungen viel stärker und die Funken in demselben hervorgelockt gröfser und lebhafter, und als demnächst der luftverdünnte Raum wieder hergestellt wurde, schien die Wirksamkeit der Säule in demselben bedeutend geschwächt, und eine Wiederholung dieses Versuches durch neues Zulassen von Sauerstoffgas und abermaliges Auspumpen zeigte denselben Erfolg. Der scheinbare Widerspruch zwischen diesen und DAVY's Versuchen ist zum Theil daraus erklärlich, dafs dieser reines Wasser, jener Salmiakauflösung als feuchten Zwischenleiter gebrauchten. BIOT und FR. CUVIER beobachteten gleichfalls die beinahe vollständige Absorption des Sauerstoffgases der Luft während 17 Stunden durch eine Zinkkupfersäule, deren feuchter Zwischenleiter Alaunauflösung war. Nachdem fast aller Sauerstoff verschwunden war, hatte die Säule ihre Wirksamkeit, namentlich der Wasserzersetzung gänzlich verloren, welche aber, so wie die Kraft Schläge zu ertheilen, stufenweise bis zur gänzlichen Wiederherstellung wiederkehrte, als sie Sauerstoffgas unter die Glocke liefsen [2]. BIOT fand ferner, dafs eine nicht geschlossene Säule zwar auch den Sauerstoff der Luft absorbirt, aber bei weitem langsamer als eine durch einen Metalldraht geschlossene Säule. Indefs fanden BIOT und CUVIER gleichfalls, wie VAN MARUM, dafs in einem luftverdünnten Raume, wo die Barometerprobe nur noch 3 Lin. hoch stand, die Wirksamkeit einer Zink-Kupfer-Säule in der Wasserzersetzung und Ertheilung von Schlägen sich nicht vermindert hatte, aber der feuchte

1 G. X. 160.

2 Ebend. 163.

Leiter war auch in diesem Falle nicht reines Wasser, sondern Alaunauflösung.

La Grave[1] stellte Versuche über den Einflufs verschiedener Medien, in welche die Säule untergetaucht wurde, auf die Menge des Gases an, welches sich um die einzelnen Plattenpaare entwickelte, doch ohne die nöthige Genauigkeit dabei anzuwenden. Im Allgemeinen ergab sich, dafs das Gas (Wasserstoffgas) in dem Verhältnisse reichlicher entbunden wurde, in welchem die Flüssigkeit, als Zwischenleiter gebraucht, die Wirksamkeit der Säule verstärkt haben würde. Am reichlichsten war die Gasentbindung beim Untertauchen in Essigsäure, und dann abnehmend in folgender Ordnung: Salpeterauflösung, Weinsteinauflösung, Kochsalzlösung, Lösungen von Sauerkleesalz, schwefelsaurem Kali, Wasser. In den Flüssigkeiten, in welchen die Zersetzung am stärksten war, nahm sie erst am 10ten oder 12ten Tage ab, in den andern schon am 3ten oder 4ten. Im Weingeist schien die Säule fast gar nicht zu wirken. Lavendelöl und Orangenspiritus gaben keine Wirkung.

87. Die Wirksamkeit der Volta'schen Säule schränkt sich aber nicht blofs auf die Zersetzung des Wassers ein, sondern alle Materien, welche im Wasser aufgelöst oder auch nur hinlänglich durch dasselbe befeuchtet sind, um dem el. Strome der Säule eine gute Leitung zu gewähren, sind einer ähnlichen Zersetzung unterworfen, und was in dieser Hinsicht schon als Wirkung der einfachen Kette oben näher in Betracht gezogen wurde, wiederholt sich hier nur in einem nach Mafsgabe der Wirksamkeit des Apparats verstärkten Grade. Wenn diese Zersezzungen in ähnlichen Apparaten, wie die des Wassers vorgenommen werden, in welche von beiden Polen aus sich Metalldrähte erstrecken, so spielt der positive Polardraht hierbei die Rolle des positiven Metalls, der negative Polardraht die des negativen der einfachen Kette, und am positiven Drahte wird der chemische Procefs häufig durch den an demselben auftretenden Sauerstoff, am negativen Polardrahte durch den Wasserstoff modificirt, da in allen Fällen eine Wasserzersetzung zugleich mit eintritt. Die nähere Betrachtung der Resultate der vielen Versuche, die über diese anderweitigen chemischen, durch die Polardrähte der Säule eingeleiteten, Processe angestellt worden sind, ver-

1 G. XVIII. 348.

schiebe ich auf den Artikel: *Säule, Volta'sche*, da die interessantesten derselben nur durch die kräftigeren Apparate, namentlich die Zellen- Trog- und Kastenapparate, von denen dort erst die Rede seyn kann, zu Stande gebracht werden. Für die Theorie des verstärkten Galvanismus mögen hier nur einige allgemeine Resultate aufgestellt werden: 1. Es giebt keine einzige, bis jetzt auf anderm Wege als zusammengesetzt erkannte und zersetzte Substanz, welche nicht auch durch die Einwirkung der Polardrähte auf dieselbe unter günstigen Umständen zersetzt worden wäre. 2. So wie die Bestandtheile des Wassers durch den galvanischen Zersetzungsprocefs getrennt und geschieden im Raume, und zwar der Sauerstoff am positiven, der Wasserstoff am negativen Polardrahte auftreten, so gilt dieses auf gleiche Weise rücksichtlich der zwei Bestandtheile, in welche zunächst jeder zusammengesetzte Körper durch die Einwirkung der Polardrähte zersetzt wird, der eine Bestandtheil sammelt sich an dem positiven, der andere an dem negativen Polardrahte an. 3. In Rücksicht auf dieses geschiedene Auftreten lassen sich alle Körper in eine grofse Reihe dergestalt ordnen, dafs an dem einen Ende der am meisten positive, an dem andern der am meisten negative steht, und dafs von je zwei Substanzen dieser Reihe, welche mit einander einen zusammengesetzten, und durch die zersezzende Kraft der Säule wieder trennbaren, Körper bilden, diejenige Substanz, welche dem negativen Ende näher liegt, sich auch jedesmal nach dem positiven Polardrahte hinbegiebt, und an demselben auftritt, die dem positiven Ende der Reihe näher liegende dagegen stets vom negativen Pole angezogen wird. An dem negativen Ende der Reihe befindet sich der Sauerstoff, an dem positiven wahrscheinlich das noch nicht dargestellte Radical des Stickstoffs. Derselbe Bestandtheil, je nachdem er mit dem einen oder andern verbunden in den zersetzenden Kreis gebracht wird, kann daher eben sowohl am positiven als am negativen Pole auftreten, wie z. B. wenn Ammoniak der zersezzenden Wirkung der Säule unterworfen wird, von den beiden Bestandtheilen desselben der mehr elektronegative Stickstoff als Stickgas sich am positiven Pole entbindet, während bei der Zersetzung der Salpetersäure derselbe Stickstoff, welcher relativ gegen den Sauerstoff nunmehro der elektropositive Bestandtheil ist, am negativen Polardrahte entbunden wird [1]. 4. Bei der

1 Vgl. auch Berzelius bei G. XXVII. 273.

Zersetzung der Salze in ihre nächsten unmittelbaren Bestandtheile, Säure und Base, verhält sich die Säure stets als der elektronegative Bestandtheil, indem er sich um den positiven Polardraht ansammelt, die Base als der elektropositive Bestandtheil. 5. Die durch die Zersetzung frei gewordenen Bestandtheile der im Wasser aufgelösten Substanzen, so wie die Bestandtheile des Wassers selbst, wirken sehr oft auf einander und bestimmen neue Verbindungen und neue Zersetzungen, welche stets gleichzeitig sind. Insbesondere werden die Metalloxyde, die entweder für sich allein, oder mit Säuren verbunden der Einwirkung der Säule unterworfen werden, an dem negativen Pole zu Metallen reducirt, an dem positiven Pole hyperoxydirt; auch werden die Erscheinungen durch die Polardrähte selbst, oder überhaupt die Metalle, welche die E. der Pole leiten, (unter andern auch das Quecksilber) indem sie in den Procefs mit eingehen, mannigfaltig modificirt. 6. Alle Umstände, so weit sie die Wasserzersetzung begünstigen und das Quantum derselben vermehren, begünstigen auch die anderweitigen chemischen Processe, doch ohne dafs beiderlei Arten von Zersetzungen in ihrem sichtlichen Ausfalle der Quantität nach gleichen Schritt mit einander halten, indem nach verschiedener Concentration der Auflösungen jener Substanzen, so wie nach ihrer Beschaffenheit und nach der verschiedenen Wirksamkeit der Säule die zersetzende Kraft in einem höheren oder geringeren Grade auf die aufgelöste Substanz oder das Wasser gerichtet ist. Im Allgemeinen gilt der Satz, je concentrirter die Auflösung einer solchen Substanz ist, und folglich in je mehrere Berührungspuncte sie mit den Polardrähten kommt, um so eher wird sie zersetzt und um so geringer ist dann im Allgemeinen das Quantum der Wasserzersetzung; je verdünnter die Auflösung ist, um so mehr schränkt sich die Zersetzung nur auf das Wasser ein. Es erfordert aber aufserdem jeder Grad von Verwandtschaft, mit welchem zwei Substanzen zusammenhängen, einen bestimmten Grad der Wirksamkeit des Apparats, sowohl was die Quantität als die Intensität der Action (gleich Masse und Geschwindigkeit) betrifft, und daher können die mit der gröfsten Verwandtschaft zusammenhängenden Substanzen nur durch die kräftigsten Apparate zersetzt werden.

88. Eine der merkwürdigsten Thatsachen, welche erst durch die Versuche mit der Volta'schen Säule in das hellste Licht gesetzt wurde (wenn gleich auch die Erscheinungen der einfa-

chen Kette sie schon aufser Zweifel setzen), ist jenes Ansammeln der respectiven Substanzen um die entsprechenden Pole, welches nur durch eine wirkliche Wanderung und Ueberführung derselben durch die Säule der Flüssigkeit hindurch, in welche die Polardrähte eintauchen, von einem Pole zum andern begreiflich ist, eine Wanderung, welche auch in einem gewissen Sinne augenscheinlich dargestellt werden kann. Diese wichtige Thatsache ist zuerst von Berzelius und Hisinger im Jahre 1803 aufser allen Zweifel gesetzt [1], dann aber von H. Davy in der schon mehrmals angeführten Vorlesung[2] durch neue höchst sinnreiche Versuche auf das herrlichste bestätigt und noch weiter aufgeklärt worden. Dazu diente letzterem vorzüglich die Einrichtung, dafs er die zu zersetzenden Flüssigkeiten in verschiedene Gefäfse brachte, welche durch befeuchtete Asbeststreifen mit einander communicirten, in deren eines der positive, in das andere der negative Polardraht tauchte. War auf der einen Seite eine Salzauflösung, auf der andern destillirtes Wasser, so sammelte sich in diesem, wenn der positive Draht hineinreichte, jedesmal die Säure, und wenn der negative Draht hineinging die Base an, und in dem andern Gefäfse fand sich dann der entgegengesetzte Bestandtheil. In einem Falle, als Davy auf die positive Seite eine wäfsrige Auflösung von salpetersauerm Silber, und auf die negative Seite destillirtes Wasser brachte, erschien das Silber auf der ganzen Ausdehnung des als Zwischenleiter dienenden Amianths, der wie von einem Zinnblättchen bedeckt zu seyn schien, ein deutlicher Beweis, dafs auch Metallreductionen am positiven Pole schon beginnen, und nicht in allen Fällen durch den Wasserstoff des negativen Poles vermittelt werden. Die für diese Ueberführung nöthige Zeit schien unter sonst gleichbleibenden Umständen namentlich bei gleicher Quantität und Intensität der E. im Verhältnisse mit der Länge des zwischen befindlichen Volumens von Wasser zu stehen. So fand sich bei einer Kraft von 100 Platten, wenn Gyps in dem negativen, destillirtes Wasser in dem positiven Gefäfse war, und die Entfernung

1 S. N. allg. J. d. Ch. von Gehlen I. Bd. S. 115, in welchem zuerst eine Uebersetzung ihrer Abhandlung aus der Handschrift erschien, welche nachher im I. Bd. der Afhandlingar in Fysik, Kemi u. s. w. af W. Hisinger och J. Berzelius. Stockholm 1806 im Originale erschien und daraus abermals übersetzt in G. XXVII. 269 ff.

2 Gehl. J. d. Ch., Ph. und Min. V. 1. auch G. XXVIII. 1.

zwischen den Drähten nur 1 Z. betrug, die Schwefelsäure in weniger als 5 Minuten in bemerklicher Quantiät in dem Wasser; waren dagegen die Röhren durch ein mit gereinigtem Wasser gefülltes Zwischengefäſs verbunden, so daſs die Entfernung 8 Z. betrug, so waren 14 Stunden dazu erforderlich. Die unmittelbare Berührung einer Salzauflösung mit den Drähten ist eben nicht nöthig zur Zersetzung und Ueberführung, denn als Davy reines Wasser in zwei Glasröhren gebracht, und dann ein Gefäſs, welches eine Auflösung von salpetersaurem Kali enthielt, mit dieſen Röhren vermittelst Amianth verbunden, und die Anordnung so getroffen hatte, daſs das Niveau der beiden Portionen Wasser höher als dasjenige der Salzauflösung, und diese von jedem der beiden Drähte wenigstens ¼ Z. entfernt war, so erschien dennoch bald das Laugensalz in der einen und die Säure in der andern Röhre [1], und nach 16 Stunden hatten sich ziemlich starke Auflösungen von Kali und Salzsäure gebildet. Um sich von dem Fortschreiten der Ueberführung und dem Wege des Alkalis und der Säure zu unterrichten, wandte Davy Lackmus- und Curcumätinctur und damit gefärbte Papiere an. Er verband zwei Röhren, wovon die eine destillirtes Wasser, die andere eine Auflösung von schwefelsaurem Kali enthielt [2]. In einem andern Versuche füllte er die beiden Glasröhren mit einer Auflösung von salzsaurem Natron, und das zwischen befindliche Gefäſs mit einer Auflösung von schwefelsaurem Silber; auf die positive Seite brachte er Curcumäpapier und auf die negative Seite Lackmuspapier. Kaum war der el. Strom eingeleitet, so fing das Natron in der negativen und die oxydirte Salzsäure in der positiven Röhre an zu erscheinen, und die abwechselnden Producte offenbarten sich beim Durchgange durch die Auflösung des schwefelsauren Silbers, wo die Salzsäure einen dicken und schweren Niederschlag, dagegen das Natron einen viel lockerern und leichtern bewirkte, aber weder die Farbe des Lackmuspapiers, das die Säure, noch des Curcumäpapiers, das das Natron überführte, erlitten die geringste Veränderung. Bei Anwendung desselben Apparats, nur daſs mit dem positiven Polardrahte eine Auflösung von schwefelsaurem Kali und mit dem negativen Drahte destillirtes Wasser in Berührung, in das Mittelgefäſs aber eine

1 a. a. O. S. 22.
2 Ebend. S. 23.

schwache Auflösung von Ammoniak gebracht wurde, zeigte sich bei Anwendung einer Batterie von 150 Platten schon nach 5 Minuten bei der Prüfung mit Lackmuspapier, daſs sich die Säure um den positiven Draht angesammelt hatte, und in einer halben Stunde war der Geschmack des Wassers schon merklich sauer. Kalkwasser, schwache Auflösungen von Kali und Natron, in dem Mittelgefäſs, wirkten nicht anders, wie eine schwache Auflösung von Ammoniak, die Schwefelsäure wurde in ihrem Fortgange nicht aufgehalten, mit starken Auflösungen von Kali und Natron erforderte aber das Auftreten der Säure mehr Zeit; aber selbst mit einer gesättigten Kalilauge zeigte sich nach einem bestimmten Zeitraume die Säure. Unter denselben Umständen waren auch die Salzsäure des salzsauren Natrons und die Salpetersäure des salpetersauren Kalis durch concentrirte alkalische Flüssigkeiten durchgegangen. Eben so gingen auch von der + nach der — Seite Kalk, Natron, Kali, Ammoniak oder Talkerde durch Schwefelsäure, Salpetersäure oder Salzsäure, die sich im Mittelgefäſse befanden, und je weniger concentrirt die Säure war, um so leichter schien ihre Ueberführung. Bei der Anwendung einer Säule von 150 Plattenpaaren war das Resultat nach 48 Stunden entschieden. Der Baryt und Strontian gingen eben so leicht, wie die übrigen alkalischen Substanzen, durch die Salzsäure und Salpetersäure hindurch, und umgekehrt diese Säuren durch die wässerige Auflösung des Baryts und Strontians. Wurde aber eine Auflösung des schwefelsauren Kalis auf die — Seite, destillirtes Wasser auf die + Seite, und in die Mitte eine gesättigte Auflösung des Baryts, gebracht, so konnte bei Anwendung derselben Säule von 150 Platten erst nach 4 Tagen die Schwefelsäure, aber auch dann nur in sehr geringer Menge in der positiven Röhre wahrgenommen werden, es hatte sich dagegen weit mehr schwefelsaurer Baryt in dem Mittelgefäſse gebildet. Eben so wurde die Schwefelsäure in ihrem Durchgange durch den Strontian und umgekehrt der Baryt und Strontian in ihrem Uebergange von dem positiven zum negativen Polardrahte durch die Schwefelsäure, die sich im Mittelgefäſse befand, festgehalten. Dieselbe Wirkung äuſserte im Mittelgefäſse eine Auflösung eines Barytsalzes gegen die Schwefelsäure, welche vom — zum + Pole, und die Auflösung eines schwefelsauren Salzes gegen Baryt, welcher vom + zum — Pole übergeführt wurde. Salpetersaures Silber hielt auf gleiche Weise die Salzsäure in ih-

rem Uebergange von einem Gefäfse in das andere, und eben so ein salzsaures Salz das Silber auf seinem entgegengesetzten Wege auf, indem sich ein reichlicher Niederschlag von Hornsilber bildete. Von zwei Salzen, wovon das eine im Mittelgefäfse, das andere in der einen oder andern Röhre sich befand, zeigte sich das Alkali des mittleren Salzes stets früher in der negativen Röhre als das Alkali des in der positiven Röhre befindlichen Salzes und die Säure des Salzes in dem Mittelgefäfse früher in der positiven Röhre als die Säure des Salzes in der negativen. Metalloxyde erforderten weit mehr Zeit, um durch die saure Auflösung im Mittelgefäfse von der positiven nach der negativen Röhre übergeführt zu werden als Alkalien und Erden. Als Davy eine Auflösung des grünen schwefelsauern Eisens auf die positive Seite, liquide Salzsäure in die Mitte, und Wasser auf die negative Seite gebracht hatte, fing nach 10 Stunden das grüne Eisenoxyd an, sich auf dem nassen Amianthe, welcher zur Verbindung der negativen Röhre diente, zu zeigen, und nach 3 Tagen hatte es einen beträchtlichen Satz in der Röhre gebildet. Das schwefelsaure Kupfer, salpetersaures Blei, und salpetersaures Zinn gaben analoge Resultate. Auch die Salze animalischer und vegetabilischer Substanzen können auf ähnliche Weise zersetzt und ihre Bestandtheile durch eine solche Ueberführung von einander geschieden werden. Ein Stück Ochsenfleisch z. E. 3 Z. lang und $\frac{1}{2}$ Z. dick diente als Zwischenleiter zwischen einer mit dem + Pole verbundenen Röhre, welche salzsauern Baryt, und der negativen Röhre, welche destillirtes Wasser enthielt. Die ersten Producte der Zersetzung waren Natron, Ammoniak und Kalk. Nach $\frac{3}{4}$ Stunden bemerkte man etwas Baryt. In der positiven Röhre befand sich viel oxydirte Salzsäure.

89. Der Zersetzungs- (und zum Theil der neue Verbindungs-) Procefs, welcher in dem flüssigen Leiter der Gasröhre statt findet, kommt im Wesentlichen auf eine gleiche Weise in jedem feuchten Zwischenleiter zwischen je zwei Plattenpaaren des Volta'schen Apparats selbst vor, und nur die eigenthümliche Drahtform der Zuleiter macht ihn, besonders die Gasentwicklung in der Gasröhre, so viel auffallender. Um den Vorgang in den einzelnen Zwischenleitern zwischen zwei Plattenpaaren genauer beobachten zu können, ist Volta's sogenannter Becherapparat vorzüglich tauglich, mit welchem auch H. Davy gleich

anfangs sehr interessante Versuche in dieser Hinsicht angestellt hat. Die Metalle waren Silber und Zink, von denen in jedem Becher je eine Platte hing, indem die Silberplatte mit der Zinkplatte des angrenzenden Bechers durch einen Kupferdraht verbunden war. Wurde die Schliefsung des Apparats von jeder Seite in einem gleichen Becher, wie die übrigen, durch eine gleiche Zink- und Silberplatte gemacht, so war der Procefs in allen Bechern ganz gleichmäfsig, das Zink oxydirte sich, aber am Silber war keine merkliche Gasentwickelung. Wurden aber statt der breiten Silberplatten schmale Silberstreifen genommen, so war die Entwickelung von Wasserstoffgas an letzteren sehr merklich. Welches auch die Gestalt der Silberplatten seyn mochte, so gaben sie nur Gas, wenn ihre Oberfläche nicht mehr als $\frac{1}{4}$ der Oberfläche des Zinks betrug. Brachte man statt der viereckigen längliche Zinkplättchen in die Kette, so schienen sie sich schneller zu oxydiren. Ein ähnlicher Becherapparat von 27 Bechern, aus Zinkplatten, an welchen Silberdrähte befestigt waren, gab, wenn derselbe analog in allen Theilen geschlossen war, an allen Drähten, standen sie nicht zu tief unter Wasser, Gas, und die Zinkplatten oxydirten sich langsam. In allen diesen Fällen bedeckten sich die Silberplatten, Streifen und Drähte mit einem weifsen Häutchen, welches ohne Zweifel von Zersetzung eines Talksalzes im Brunnenwasser herrührte, da es sich bei Anwendung des destillirten Wassers kaum oder gar nicht zeigte, welches erstere Davy von einer zufälligen Unreinlichkeit der Gläser ableitete. Wurde rother Kohlsaft in die Gläser gebracht, so färbte er sich um das Silber herum grünlich, woraus Davy auf Ammoniakbildung schlofs. Eben so verhielten sich Becherapparate aus Zinkplatten und Eisendrähten, in allen Bechern entwickelte sich am letzteren Wasserstoffgas [1].

Schichtet man eine Volta'sche Säule auf die einfachste Weise, wie sie oben beschrieben worden ist, auf, so lassen sich die Producte der Zersetzung des flüssigen Zwischenleiters nicht so rein geschieden von einander darstellen; bei etwas energischen Säulen von 100 Plattenpaaren Z K von 2 Quadratzoll Oberfläche und mit Salmiakauflösung getränkten Pappscheiben, sieht man die Gasblasen am Rande der Kupferplatten sichtlich entweichen, und wenn man die Säule unter Wasser in einen

1 G. VIII. 150.

Cylinder bringt, so sammelt sich allmälig Wasserstoffgas an. Der Sauerstoff, der am Zinke frei wird, verbindet sich mit demselben und oxydirt es. Die Salze der Auflösung, womit die Tuch- oder Pappscheiben getränkt sind, werden auf gleiche Weise wie in der Gasröhre zersetzt, die Säure sammelt sich am positiven Metalle, die Basis am negativen an, allmälig wird das Metalloxyd von der positiven nach der negativen Seite übergeführt, und überzieht die an den feuchten Leiter angrenzende Oberfläche des Metalls mit einer feinen Haut des auf derselben reducirten Metalls. So überzieht sich bei einer Zinkkupfersäule das Kupfer nach einigen Tagen mit einem Zinkblättchen, wenn die Tuchscheiben nicht wegen ihrer zu groſsen Dicke oder ihres sehr dichten Gewebes ein zu groſses Hinderniſs bilden [1]. Diese Ueberführungen finden immer nach demselben Gesetze vom positiven zum negativen Metalle statt, ersterer mag in einer senkrechten Säule unterhalb oder oberhalb des feuchten Leiters sich befinden, d. h. der + Pol nach oben oder nach unten liegen. Eine Säule mit Salmiakauflösung als feuchter Zwischenleiter verbreitet sehr schnell den Geruch nach Ammoniak, und hat sie lange genug gewirkt, so ist aller Salmiak zersetzt und das Ammoniak hat sich zum Theil mit dem Kupferoxyde, die Salzsäure mit dem Zinnoxyde (das Chlor mit dem Zinke) verbunden. Bei Anwendung von Kochsalz wittert um die Kupferplatten herum Natron aus, auch wird bei Anwendung von Tuchscheiben eine Art von Wollseife gebildet. Wie ganz übereinstimmend der chemische Proceſs in jedem feuchten Zwischenleiter mit demjenigen in der Gasröhre ist, und wie in einer geschlossenen Säule von eigentlichen Polen gar nicht mehr die Rede seyn kann, sondern der Begriff der Polarität sich nur auf die Richtung bezieht, nach welcher die entgegengesetzten Processe hin liegen, ergiebt sich am entscheidendsten daraus, daſs, wenn man statt des gewöhnlichen feuchten Zwischenleiters zwischen je zwei Plattenpaaren einen ganz gleichen Apparat, wie die Gasröhre selbst, die mit den Enden der Säule verbunden ist, einführt, eine ganz gleiche Wasserzersetzung in diesem Apparate erfolgt. Eine merkwürdige Beobachtung Biot's ist [2], daſs auch die Metalle der Säule, wo sie sich unmittelbar berühren, auf einander wirken,

1 Vgl. Biot bei G. X. 34.

2 Ebend. X. 34.

das Kupfer wird gleichsam auf das Zink versetzt, es behält dabei, wenn es dem Zinke adhärirt, allezeit seine metallische Gestalt, bisweilen bildet sich Messing.

90. Einen merkwürdigen Einfluſs auf die chemische Wirkung der Volta'schen Säule äuſsert die Unterbrechung des feuchten Zwischenleiters durch einen trockenen Erreger nach den zuerst von Jäger hierüber angestellten Versuchen [1]. Eine gewöhnliche Säule aus 40 Paaren Gold- und Zinkscheiben wurde so erbaut, daſs jeder feuchte Leiter aus zwei nassen Chartenblättern bestand, zwischen welchen ein am Rande völlig trockenes Goldstück eingeschoben war. Sie besaſs die el. Polarspannung einer Säule aus 40 Lagen Gold und Zink. Als die Pole durch eine Gasröhre geschlossen wurden, zeigte sich auch nicht die mindeste Spur von Gasentwicklung, die Pole aber äuſserten nun, wenn einer von ihnen ableitend berührt, und der andere mit dem Condensator verbunden wurde, eine beträchtlich verminderte el. Spannung. Nahm Jäger statt der Chartenblätter befeuchtete reagirende Papiere, so zeigte sich in allen Gliedern an der zwischen den beiden Goldstücken befindlichen Schicht des feuchten Leiters auch nicht die mindeste Färbung, an der zwischen dem mittleren Goldstücke und der Zinkplatte befindlichen Schicht aber war bloſs die Färbung wahrzunehmen, welche nach Nr. 40 das Zink allein schon in solchen feuchten reagirenden Papieren hervorbringt, keineswegs aber jene so leicht zu erkennende Sonderung und Concentrirung der alkalischen und der sauern Färbung, wie sie schon in der einfachen Kette vorkommt. Es verhält sich also eine solche Säule auf gleiche Weise, wie eine einfache geschlossene Kette aus Gold und Zink, deren feuchter Leiter gleichfalls aus zwei Schichten besteht, die durch ein am Rande trockenes (also die Continuität des feuchten Leiters wahrhaft unterbrechendes) Goldstück von einander getrennt sind [2], und es wird gleichsam die durch Wiederholung der Elemente mit der Zahl derselben verstärkte Thätigkeit durch die in demselben Verhältnisse vermehrte Zahl der Unterbrechungen immer wieder aufgehoben. Wurden statt der Goldstücke Zinkplatten interpolirt, so entstand schon bei drei Gliedern in der die Kette schlieſsenden Gasröhre ein deutlicher Luftstrom, welcher mit der Zahl der Glieder zunahm. Schloſs Jäger die Pole durch einen Metalldraht, so zeigten die als feuchte Leiter gebrauchten

1 G. XIII. 432. XXIII. 77.

2 Vgl. Nr. 38.

reagirenden Papiere die den gewöhnlichen wirksamen geschlossenen Säulen eigenthümlichen Färbungen und zwar zwei acide, eine an der Fläche des Zinks der Säule und eine an der von ihm abgewandten Fläche des interpolirten Zinks, und zwei alkalische, eine an der zugewandten Seite des Zinks und eine an der Fläche des Goldes, den bekannten Gesetzen der Polarisation eines den flüssigen Leiter unterbrechenden festen Erregers gemäfs. Die übrigen Metalle, welche man auf diese Art als Zwischenglieder in den feuchten Leiter einlegte, schienen sich in ihrem Vermögen, die chemische Wirkung einer solchen Säule zu hemmen, ganz nach der bekannten Spannungsreihe zu ordnen, so dafs das dem dem Zink am nächsten stehende die geringste Hemmungskraft hat, welche zunimmt, so wie das Metall näher dem negativen Ende steht. Diese Versuche sind bis jetzt nur von Davy in einer etwas abgeänderten Gestalt wiederholt worden [1]. Bei Gelegenheit der Erzählung seiner Versuche über die Aufhebung der Wirkung eines einzelnen Plattenpaares, wenn der feuchte Leiter durch Platin unterbrochen wurde, führt er an, dafs bei Anwendung mehrerer Elemente in Form eines Becherapparats jeder einzelne in den Kreis eingeführte Bogen von Platin, der den feuchten Leiter unterbricht, die Wirkung eines einzelnen Plattenpaars aufhebe, woraus folgen würde, dafs wenn man eine Säule, z. B. aus 20 Plattenpaaren, durch eine Reihe von 20 Gasröhren schlösse, in deren beiden äufsersten Platindrähte hineinreichten, und die unter einander selbst durch Platindrähte zusammenhingen, gar keine chemische Wirkung statt finden würde. Diesem wiedersprechen indefs geradezu meine Versuche. Nur wenn eine solche Unterbrechung von Element zu Element geschieht, äufsert sie diese hemmende Wirkung, so dafs eine Säule von 20 Plattenpaaren, von welcher 10 feuchte Leiter auf die oben angezeigte Art unterbrochen sind, gleichsam nur noch den Werth und die Wirksamkeit einer Säule von 10 Schichtungen hat. Ich habe selbst mehrere Versuche mit Silber-Zinksäulen angestellt, deren Pappscheiben mit Kochsalzauflösung getränkt waren, und zwischen welche bald Zink- bald Silbermünzen, die am Rande völlig trocken waren, eingeschoben wurden. Bei der gewöhnlichen Einrichtung, wenn der feuchte Zwischenleiter nicht unterbrochen war, entwickelten schon drei Schichtungen an beiden Platindrähten in der Gasröhre einen,

1 Philos. Trans. 1826. p. 410.

jedoch schwachen, Strom von Luftbläschen, der von 10 Schichtungen schon sehr auffallend war. Bei der Interpolation von Silbermünzen zwischen je zwei Scheiben, in welche ich den feuchten Zwischenleiter getheilt hatte, würde die Wirkung ungemein geschwächt, aber dennoch war bei 20 Abwechselungen schon ein Gasstrom wie in dem gewöhnlichen Falle von 3 bis 4 Schichtungen zu bemerken. Zinkplatten brachten eine kaum merkliche Schwächung der chemischen Wirksamkeit der Säule hervor.

91. Auch in der völlig offenen Säule scheinen chemische Wirkungen statt zu finden, welche galvanischen Ursprungs sind, oder von der Säule als solcher, abhängen. Darüber hat besonders Ritter Untersuchungen angestellt[1]. Mit einer Säule von 100 Platten verband er Röhren mit destillirtem Wasser gefüllt, in welche ein Messingdraht hinein reichte, von 25 zu 25 Platten, indem er das aus der Röhre hervorstehende Ende des Messingdrahtes zwischen ein Plattenpaar einschob, und fand, daſs an der Zinkhälfte (der positiven) der vollkommen isolirten Säule sich der Messingdraht nach 24 Stunden stärker oxydirt hatte, als in der Mitte der Batterie, wo das 0 hinfällt, und wo der Messingdraht sich völlig eben so verhielt, als ein auf ganz gleiche Weise mit einer Röhre vorgerichteter und auſser aller Verbindung mit der Batterie befindlicher Messingdraht. Dabei war die Oxydation der Messingdrähte in dem Verhältnisse stärker, in welchem sie dem + Pole näher lagen, dagegen hatte sich an der negativen Hälfte der Messingdraht weniger oxydirt als in der Mitte und nahe nach dem — Pole zu ganz und gar nicht. Wurde dagegen die Batterie, während die Röhren mit dem Messingdrahte auf dieselbe Weise mit ihr in Verbinduug standen, gänzlich durch einen Eisendraht geschlossen, so hatte sich innerhalb 24 Stunden in allen 5 Röhren auf das gleichförmigste Oxyd erzeugt, und zwar eben so wie in einer Röhre, die ganz auſser Verbindung mit der Batterie gewesen war. Was am Messingdrahte in diesem Versuche sich äuſserte, zeigte die Batterie auch in ihrem Innern auf gleiche Weise. In der positiven Hälfte einer ganz ungeschlossenen Säule fand Ritter, wenn sie eine längere Zeit gestanden hatte, die Zinkplatten allezeit stärker angegriffen, als in der negativen Hälfte, mochten nun die Pappscheiben mit Wasser, Kochsalz- oder Salmiakauflösung getränkt seyn, und zwar in dem Verhältnisse mehr, in welchem

1 G. VIII. 468.

sie dem positiven Ende näher lagen; auch zeigte sich eine stärkere Zersetzung des Salmiaks in der positiven Hälfte durch den auffallenden Geruch nach Ammoniak, ja selbst die Kupferplatten fand Ritter an der Fläche, wodurch sie mit dem Zinke in Berührung waren, auch wenn das Eindringen von Feuchtigkeit zwischen die Platten auf das sorgfältigste verhütet worden war, in der positiven Hälfte der Säule in ihrem Ansehen so verändert, wie, wenn sie auf einem heifsen Ofen liegend, durch Anziehung des Sauerstoffs der Luft sich mit einer dünnen Schicht von Suboxyd bedecken. Diese Färbung war nach dem positiven Ende am stärksten, nahm nach dem negativen Ende immer mehr ab und fehlte daselbst gänzlich. Wurde die Säule eben so lange geschlossen gehalten, so konnte Ritter keinen Unterschied in der Oxydation der Metalle und in der Zersetzung des feuchten Zwischenleiters bemerken. Aus allen diesen Beobachtungen zieht Ritter den Schlufs, dafs in der ungeschlossenen Säule eine Tendenz nach stärkerer Oxydation in der positiven Hälfte derselben, als in der Mitte, und in der negativen Hälfte nach schwächerer Oxydation oder gänzlicher Aufhebung derselben statt finde.

Pohl hat diese Versuche Ritter's wiederholt, will aber, in einer Hinsicht wenigstens, keine mit den angeführten übereinstimmende Resultate erhalten haben [1]. Bei einer Säule von 50 Paaren Zink und Kupfer, in welcher der + Pol nach unten lag, zeigten sich nach 24 Stunden beim Auseinandernehmen die Platten im oberen Theile der Säule im Ganzen etwas stärker angegriffen, als im untern Theile, also gerade auf eine entgegengesetzte Weise, als nach Ritter's Behauptung zu erwarten war, indefs war der Fortschritt der Oxydation vom positiven zum negativen Pole unregelmässig, und der Unterschied auf beiden Extremen überhaupt so geringe, dafs Jemand bei einer oberflächlichen Prüfung in seinem Urtheile sich wohl selbst zur entgegengesetzten Seite neigen konnte. Pohl errichtete darauf eine Säule aus 100 Paaren Z. K. und Kochsalzauflösung, und zwar so, dafs sie aus zwei gleichen aber entgegengesetzt geschichteten Schenkeln bestand, die auf wohl isolirenden Stativen ruhend an den untern Enden durch einen Kupferstreifen verbunden waren und deren obere unverbundene Extreme demnach die beiden End-

1 Der Process der galv. Kette u. s. w. S. 119.

pole der 24 Stunden lang geöffnet stehenden Batterie bildeten. Beim Auseinandernehmen derselben war eine im Ganzen allmälig zunehmende Oxydation der Platten in jedem einzelnen Schenkel von unten nach oben hin sichtbar, also sowohl nach dem positiven als nach dem negativen Pole hin zunehmend; verglich man aber die neben einander gelegten Platten beider Schenkel, so war aufserdem ein Uebergewicht der Oxydation in dem Schenkel, dessen Extrem der negative Pol war, nicht zu verkennen. In einem dritten Versuche, wo eine Säule aus 100 Plattenpaaren in vier Abtheilungen oder Schenkeln, jeder von 25 Schichtungen errichtet, und die Säule 48 Stunden im ungeschlossenen Zustande erhalten wurde, ergab sich eine zwar nur schwache und durch einzelne Anomalien im regelmässigen Fortschritte hier und da gestörte, aber dennoch bei näherer Prüfung nicht zuverkennende (?) Zunahme der Oxydation vom positiven nach dem negativen Pole hin. Eine vollkommene Uebereinstimmung mit dem Hauptresultate Ritter's zeigte sich dagegen bei Wiederholung der Versuche mit den Röhren, in welchen Metalldrähte in Wasser eintauchten, zwar nicht mit Messingdrähten, an welchen in gekochtem destillirten Wasser selbst nach mehrern Tagen die Oxydation zu schwach war, um Vergleichung zuzulassen, aber wohl an Drähten von regulinischem weichen Eisen, wo sich alle Drähte sowohl auf der positiven als auch auf der negativen Seite der Säule nach 24 Stunden angegriffen zeigten, und das Wasser mit rothem Oxyd mehr oder weniger erfüllt hatten; der Draht in der Mitte der Säule eben so stark, als ein zur Vergleichung aufser der Batterie niedergelegter Draht, am negativen Pole aber war die Oxydation des Drahtes am schwächsten, am positiven Pole dagegen am stärksten, und das Wasser durch das losgerissene Oxyd ganz erfüllt [1]. Ich habe gleichfalls eine Reihe von Versuchen über die Oxydation der Platten in ungeschlossenen Säulen angestellt, aber mich bald überzeugt, dafs es fast unmöglich ist, auf diese Weise zu irgend einem sichern Resultate zu gelangen, weil dem, auf jeden Fall nur geringen, Uebergewichte der Oxydation, welches auf die eine oder die andere Seite fällt, Verschiedenheiten in der Oberfläche der Platten, namentlich ihrer Politur, in der Feuchtigkeit der Papp- oder Tuchscheiben, die man unmöglich ganz gleich-

1 a. a. O. S. 124.

förmig darstellen kann, in der Art, wie sie an die Metalle anschliefsen u. s. w. an der einen oder andern Seite in der Art entgegenwirken können, dafs gerade ein entgegengesetzter Erfolg hervorgeht. Dagegen habe ich in ungeschlossenen einfachen Ketten stets gefunden, dafs das Kupfer, welches durch Berührung mit dem Zinke fortdauernd negativ el. erhalten wurde, sich in gleicher Zeit schwächer in Kochsalzauflösung oxydirte, und weniger Oxyd absetzte als das unter sonst ganz gleichen Umständen in einer gleichen Auflösung befindliche Kupfer, und dafs auf gleiche Weise Zink, welches durch Berührung mit Kupfer fortdauernd in einem positiv el. Zustande erhalten wurde, sich stärker oxydirte, als eine blofse Zinkplatte unter gleichen Umständen. Ich löthete zu diesem Behuf in dem einen Falle eine Zinkstange auf die Kupferplatte und eben so eine Kupferstange auf eine Zinkplatte, und verhütete auf das sorgfältigste durch Siegellack jede Berührung der Kochsalzauflösung mit der aufgelötheten Stange, damit nicht die Wirkung einer geschlossenen Kette mit ins Spiel kommen möchte. Gleichzeitig befanden sich ganz gleiche Zink- und Kupferplatten in einer gleichen Kochsalzlauge in gleichen isolirten Porcellan-Gefäfsen. Auch Reinhold beobachtete eine stärkere Oxydation an einer Zinkplatte, welche mit einer Kupferplatte in ungeschlossener Kette in Berührung war, durch Kochsalzauflösung, als des blofsen Zinks unter sonst gleichen Umständen [1], und eine geringere Oxydation des mit Zink in Verbindung stehenden Kupfers, als dieses für sich allein erlitt [2].

92. So wie wir schon bei der Schliefsung der einfachen Kette sehr auffallende Wärme- und Lichterscheinungen kennen gelernt haben, so kommen nun diese durch die Volta'sche Säule in einem sehr gesteigerten Grade zum Vorschein. Die hierher gehörigen Phänomene sind die Funken, das Erglühen und Schmelzen von Metallen und einigen andern Körpern und die damit gegebenen chemischen Erscheinungen auf trockenem Wege ohne Mitwirkung des Wassers.

a. Wenn die entgegengesetzten Extreme einer kräftigen Volta'schen Säule von der oben angegebenen Construction, etwa von 100 Plattenpaaren von 1½ bis 2 Z. Seite mit Kochsalz oder Sal-

1 G. a. a. O. S. 311. Vers. 10.

2 Ebend. S. 312. Vers. 16.

miaklösung geschichtet, durch einen Draht verbunden werden, so zeigt sich, mag nun vom positiven nach dem negativen Pole, oder umgekehrt geschlossen werden, im Augenblicke der Berührung ein deutlicher Funken, welcher jedesmal eintritt, so wie man die Berührung abwechselnd aufhebt und wieder erneuert. Dieser Funke ist sowohl seiner Gröfse als seiner Farbe und den ihn begleitenden anderweitigen Phänomenen nach sehr verschieden, nach Verschiedenheit der Volta'schen Apparate, der Form und Beschaffenheit der Metalle, womit man schliefst, ob es Drähte, Plättchen von diesem oder jenem Metalle u. s. w. sind. Die Funken zeigen sich, man mag mit einem Drahte, welcher mit dem einen Pole verbunden ist, entweder an der Polarplatte, oder an einem damit verbundenen Drahte, schliefsen, und stets am auffallendsten, wenn der Draht fein oder zugespitzt ist. Sie unterscheiden sich von den gewöhnlichen el. Funken dadurch, dafs sie kreisförmig umhersprühend bei gröfster Intensität einer leuchtenden Sonne gleichen. Insbesondere verhalten sie sich so bei Anwendung von feinen Stahldrähten. Vorzüglich schön zeigt sich die Erscheinung, wenn man mit einem feinen Eisendrahte, welcher von dem einen Pole einer starken Säule ausgeht, die Oberfläche einer kleinen Quantität Quecksilber, in welche ein Draht vom andern Pole taucht, berührt. Der Mittelpunct des Funkens ist dann blau, und von hieraus sprühen nach allen Seiten rothe Strahlen von ungleicher Länge, fast unzählbar und von einer Länge von einem und mehreren Zollen bei sehr kräftigen Batterien [1]. Es macht keinen Unterschied in der Gestalt der Funken, ob man den mit dem positiven Pole verbundenen Eisendraht mit den Quecksilber, welches mit dem negativen Pole verbunden ist, oder umgekehrt, den mit dem negativen Pole verbundenen Eisendraht (Nadelspitze, Platindraht) mit dem am entgegengesetzten Pole befindlichen Quecksilber in Berührung bringt. Van Marum und Pfaff erhielten in beiden Fällen bei einer Säule von 110 Plattenpaaren von 5″ Seite mit Salmiakauflösung, geschichtet strahlende Funken. Mit Platindrähten erhielten sie Funken ohne Strahlen [2]. Ritter [3], als er den eisernen Draht des + Pols einer starken Säule von 224

1 Van Marum u. Pfaff. in G. X. 141.

2 Ebend.

3 Phys. chem. Abhdlg. III. Bd. S. 265 ff.

Schichtungen in das Quecksilber leitete, und mit dem eisernen Drahte des — Pols die Kette durch Berührung des Quecksilbers in einiger Entfernung von dem + Drahte schloſs, will auſser dem Funken jedesmal einen der positiv el. Lichtenberg'schen Figur ähnlichen Stern von schwarzem Quecksiberoxyd entstehen gesehen haben, schloſs er hingegen mit dem + Drahte, so wurden auſse; dem vom vorigen etwas abweichenden Funken noch Puncte, Ringe, runde Flecken und überhaupt rund begrenzte Gestalten auf dem Quecksilberspiegel erzeugt. Bei Säulen von 150 Plattenpaaren habe ich eine solche Verschiedenheit nicht beobachten können. In beiden Fällen zeigten sich, wo der Funke zum Vorschein kam, runde schwarze Flecken auf der Oberfläche des Quecksilbers. Auch bei den allerkräftigsten Säulen ist die Schlagweite dieser Funken sehr gering. Children[1] maſs die Schlagweite mit Hülfe eines an den Platinspitzen angebrachten Mikrometers, die in einem mit sehr trockener Luft gefüllten Recipienten eingelassen waren. Bei 1250 Plattenpaaren erschien der Funken nicht eher, als bis die Spitzen bis auf $\frac{1}{50}$ eines Zolles einander genähert waren. Bei dem groſsen Apparate der Royalinstitution von 2000 vierzölligen Plattenpaaren muſsten die Kohlenspitzen bis zu $\frac{1}{30}$ oder $\frac{1}{40}$ Zoll genähert werden, ehe sie irgend ein Licht zeigten, wenn sie aber intensiv glühten, so fuhr ein anhaltender Lichtstrom zwischen ihnen zu spielen fort, wenn man sie auch nach und nach, selbst bis zu der Weite von 4 Z. von einander entfernte. Der Lichtstrom zeigte sich in Gestalt eines Bogens, in der Mitte breit und gegen die Kohlenspitzen schmal zulaufend. Er war von einer intensiven Hitze begleitet und entzündete augenblicklich jede in ihn gebrachte Substanz[2]. Ueberhaupt bringen Streifen von wohl ausgebrannter Kohle, welche zur Schlieſsung gebraucht werden, das Lichtphänomen im intensivsten Grade hervor, und das Erglühen derselben dauert bei kräftigen Batterien, während die Kohlenspitzen von beiden Polen aus mit einander in Berührung sind, eine beträchtliche Zeit, es scheint von keinem eigentlichen Verbrennen der Kohle abzuhängen, denn wiewohl diese zum Theil entzündet wird, so leidet sie doch verhältniſsmäſsig einen sehr geringen Verlust, und das Licht erscheint mit glei-

1 Phil. Trans. 1809. p. 36.

2 Davy Elements of chemical Philosophy. S. 152.

chem Glanze, wenn die Versuche auch in Gasarten vorgenommen werden, die keinen Sauerstoff enthalten. Es zeigt sich auch selbst, wenn gleich mit verminderter Stärke, unter Wasser, Alkohol, Aether, Oelen und andern Flüssigkeiten. Dieses beobachtete namentlich Davy [1] mit einem Zellenapparate aus 20 viereckigen Platten aus Zink und Kupfer von 13 Z. Seite. Unter Wasser zeigten sich die Spitzen der Kohle noch eine Zeit lang nach der Schliesung rothglühend, und so lange dieses dauerte, entband sich Gas mit dem Geräusche des Kochens. Ja selbst in Salpetersäure und Schwefelsäure liefsen sich auf diese Art Funken hervorlocken; in Schwefelsäure entwickelte sich dabei Sauerstoffgas und Wasserstoffgas, und die Säure wurde blau, aus der Salpetersäure neben dem Sauerstoffgase und Wasserstoffgase auch Stickgas. Vermittelt man die Verbindung der beiden Pole durch dünne Metallblättchen, indem man an einem gebogenen Drahte des einen Pols der Batterie die Metallblättchen anhängt, und den hervorragenden Haken der andern Endplatte der Säule berührt, so verbrennen die Metallblättchen mit einem nach Verschiedenheit derselben verschiedenen Lichte [2]. Ritter [3] will auch bei der Wiederöffnung einer Säule von 224 Plattenpaaren Funken, jedoch kleiner als bei der Schliefsung, beobachtet haben (?).

b. Aufser diesen Funken, die sich an der Stelle, wo die Schliefsung geschieht, zeigen, kommen die Metalldrähte in einer mehr oder weniger ausgedehnten Strecke nach verschiedener Wirksamkeit des Apparats und nach Verschiedenheit ihrer eigenen Beschaffenheit zum Glühen und selbst zum Schmelzen. Besonders zeigen Platin- und Eisendrähte diese Erscheinung auffallend. Die Kraft der Volta'schen Apparate, Draht zum Glühen zu bringen und also Wärme zu erzeugen, wächst nach einem etwas andern Gesetze, als die Kraft derselben in Vermehrung des Quantums der Wasserzersetzung und anderer auf nassem Wege bewirkter Zersetzungen.

1. Die Kraft wächst mit der Anzahl der Plattenpaare,

1 G. XII. 355.

2 S. das Nähere hierüber und über die Funken unter dem Artikel: *Säule, Volta'sche.*

3 Ph. ch. Abh. III. 265 ff.

aber, wie es scheint, in einem abnehmenden Verhältnisse, wenn eine gewisse Grenze überschritten ist. Davy fand nämlich, daſs 100 Plattenpaare seines Trogapparats von 4 Z. Seite 3 Z. eines Platindrahtes von $\frac{1}{17}$ Z. Durchmesser glühend machten, daſs aber mit 1000 dieser Platten und auf gleiche Art mit verdünnter Salpetersäure geladen nur 13 Z. von demselben Drahte glühend wurden [1]. In einem andern Versuche [2] schmolz Davy mit einem Volta'schen Apparate aus Trögen von Wedgwood und Platten von 11 Z. Länge und 4, 5 Z. Breite mit 2 Batterien (jede von gleicher Zahl) die vierfache Länge wie mit einer; 6 Batterien schmolzen dagegen wenig mehr als die zweifache Drahtlänge, welche drei Batterien geschmolzen hätten. Wilkinson [3] fand mit einem Zellenapparate aus Z K von 4 Z. Seite mit verdünnter Salpetersäure geladen, die Strecke Stahldraht, welche geschmolzen wurde, im geraden Verhältnisse der Menge der Plattenpaare. 100 Platten verbrannten $\frac{1}{2}$ Z. von einem Stahldrahte von $\frac{1}{70}$ Z.; 200 Platten 1 Z.; 400 Platten 2 Z. Dasselbe Verhältniſs zwischen der Zahl der Plattenpaare und der Drahtlänge galt seinen Versuchen zufolge auch für Trogapparate. Singer stellte seine Versuche mit Trog- und Zellenapparaten an. Die Trogapparate waren von Wedgwood'scher Masse, wovon jeder 10 Doppelplatten 4 Z. im Gevierten enthielt, und ein Trogapparat von Holz mit Zwischenwänden von Glas, von 50 solchen Doppelplatten. Sie wurden mit einer Mischung aus 5 Pfund starker Salpetersäure auf 75 Pfund Wasser, welche Singer als die beste Mischung zum Drahtschmelzen gefunden hatte, gefüllt. Zwei der Wedgwood'schen Tröge brachten gleich im Anfange 9 Z. Eisendraht von $\frac{1}{100}$ Z. (Nr. 9) zum schwachen Rothglühen; dieses dauerte aber nur kurze Zeit. Eine Minute, nachdem dieses aufgehört hatte, wurden nur noch 3 Z. eben so rothglühend, als 9 Z. gleich anfangs. Vier solche Trogapparate machten im Anfange 18 Z. von demselben Drahte rothglühend. Zehn Tröge, alle mit frischer Flüssigkeit gefüllt, brachten von demselben Drahte bei der ersten Schlieſsung zum Glühen 36 Z; fünf Tröge 18 Z., und nach einem kurzen Zeitraume jene 30 Z., diese 15 Z. In diesem geschwächten Zustande wurden vom Platindrahte von

1 El. of chem. Phil. p. 156.
2 G. XLIV. 229.
3 G. XIX. 45.

$\frac{1}{100}$ Z. durch 10 Tröge 5 Z.; durch 5 Tröge $2\frac{1}{7}$ Z. weifsglühend erhalten. Er schliefst hieraus, dafs das Vermögen der galvanischen Batterie, Metalldrähte zum Glühen zu bringen, genau im Verhältnisse der Menge ihrer Plattenpaare stehe, und zwar in jedem Zustande ihrer Wirksamkeit. Damit stimmen auch die Versuche Cuthbertson's überein [1]. Van Marum und Pfaff fanden sogar innerhalb einer gewissen Grenze diese Kraft in einem viel gröfseren Verhältnisse als der einfachen Zahl der Schichtungen wachsen, denn 4 Z K Säulen von 5 Z. Seite mit Salmiak geschichtet, wovon zwei zusammen aus 50 Plattenpaaren bestanden, und 8 Z. Eisendraht Nr. 16 stark zum Glühen brachten, ja sogar gröfstentheils schmolzen, und die zwei andern zusammen von 60 Plattenpaaren nur 6 Z. zum Rothglühen brachten, (ohne Zweifel, weil ihre Pappscheiben nicht gehörig genäfst waren), zu einem einzigen von 110 Plattenpaaren vereinigt, vermochten nicht blofs 14 Z., sondern sogar 32 Z. desselben Drahtes zum Rothglühen zu bringen [2].

2. Auffallend abweichend von dem Einflusse der Vergröfserung der Oberfläche der Platten auf den chemischen Procefs in der Gasröhre zeigt sich derselbe rücksichtlich des Glühens und Schmelzens von Metalldrähten. Im ersteren Falle ist die Grenze, bis zu welcher bei einer gegebenen Anzahl von Plattenpaaren die Vergröfserung der Oberfläche noch eine Vergröfserung der Wasserzersetzung bewirkt, besonders wenn die Gasröhre blofs reines Wasser enthält, sehr bald erreicht, während diese Grenze für die Verstärkung der Wärmeerzeugung in den Metalldrähten, sofern sie durch die Länge der Stücke gemessen wird, welche geschmolzen oder zum Rothglühen gebracht werden, so weit unsre Versuche bis jetzt gehen, noch nicht erreicht worden ist. Wenn ein Trog- oder Zellenapparat von 30 zweizölligen Plattenpaaren mit einem andern von 30 sechszölligen verglichen wird, beide mit einer verdünnten Säure von gleicher Stärke geladen, so zeigen sie keinen wesentlichen Unterschied in der Quantität des in einer bestimmten Zeit zersetzten Wassers, der kleinplattige Apparat wird aber weder Draht schmelzen noch Metall verbrennen, auch schwerlich einen Funken zwischen zwei Kohlenspitzen geben, während die grofsplattige Batterie zwischen diesen ein

1 G. XXIII. 265.

2 G X. 139.

glänzendes Licht entwickelt, Metallblättchen mit Glanz verbrennt und mehrere Zolle Eisendraht Nr. 11 glühend macht. Die merkwürdige Thatsache des verstärkenden Einflusses der Vergröfserung der Oberfläche der Platten auf Funkenerscheinung und Wärmeerzeugung ist zuerst von Fourcroy und Vauquelin durch Versuche im Nationalinstitute von Frankreich dargethan worden [1]. Acht Kupfer- und Zinkplatten von einem Fuſs Durchmesser mit Salmiakauflösung gebaut, gaben ihnen keine stärkere Erschütterung als eine Säule, deren Metallplatten nur zwei Linien im Durchmesser hatten, und welche gleichfalls nur aus acht Abwechselungen bestand, ihre wasserzersetzende Kraft war unbedeutend; dagegen gaben zwei Eisendrähte von ihren beiden Polen aus mit einander in Berührung gebracht, gröfsere Funken als bei Säulen von 100 bis 120 Plattenpaaren von 1 Z. und in Sauerstoffgas sprühten diese Sonnenfunken mit der gröfsten Lebhaftigkeit. Später wurden diese Versuche immer mehr ins Grofse getrieben und besonders mit den Trog- und Zellenapparaten aufserordentliche Wirkungen hervorgebracht [2]. Ueber das Gesetz, nach welchem die Verstärkung der Wirkung mit der Vergröfserung der Oberfläche wächst, sind die Resultate der verschiedenen Reihen von Versuchen nicht ganz übereinstimmend. Von zwei Trogapparaten, beide von 50 Plattenpaaren, und mit verdünnter Salpetersäure ($\frac{1}{25}$ gegen das Wasser) geladen, schmolz der eine, dessen Platten 8 Z. Seite hatten, 16 Z. eines Eisendrahtes von $\frac{1}{70}$ Z. Dicke, der andere von 4 Z. Seite nur $\frac{1}{2}$ Z. Es standen also hier die Wirkungen in dem Verhältnisse der sechsten Potenz der Seite oder des Cubus der Oberflächen. Vergleicht man den Einfluss der Vergröfserung der Oberfläche durch Ausdehnung der Säulen in der Längendimension, d. h. durch Vergröfserung der Anzahl der Platten, mit derjenigen in der Vergröfserung der Breitedimension, also der Ausdehnung der Oberfläche der einzelnen Platten, so zeigt sich auf dieser letzteren Seite ein auffallendes Uebergewicht. Ein Zellenapparat von 400 Platten von 4 Z. Seite, schmolz nach Wilkinson 2 Z. Eisendraht von $\frac{1}{70}$ Z., ein Zellenapparat von 100 quadratischen Platten von 8 Z. Seite, dessen Oberfläche also im Ganzen eben so grofs war, wie im ersteren Falle, schmolz

1 G. VIII. 370.

2 S. *Säule, Volta'sche.*

dagegen 32 Z. eben dieses Drahtes, so dafs sich demnach die Wirksamkeit zweier Volta'schen Apparate im Drahtschmelzen, wenn die Summe ihrer Oberfläche gleich ist, wie das Quadrat der Oberflächen ihrer einzelnen Platten verhalten würde [1]. Durch eine leichte Rechnung würde daraus folgen, dafs zwei einzelne Platten Zink und Kupfer jede 200 Quadratfufs grofs 2317500 Fufs Stahldraht $\frac{1}{70}$ Z. dick schmelzen würden. Sehr abweichend hiervon sind aber die Resultate, welche van Marum und Pfaff erhielten. Nach Wilkinson's Gesetze hätten die zwei und dreifsig 5 Z. haltenden Platten Z K, die in dem einen Falle so neben einander gelegt wurden, dafs sie nur eine Säule von 8 Abwechslungen aber 10 Z. Seite bildeten, eine 16 mal gröfsere Wirkung hervorbringen sollen, als dieselben Platten zu einer Säule von 32 Abwechslungen aufgeschichtet, aber letztere Säule wurde vielmehr kräftiger im Drahtschmelzen gefunden, sie schmolz 5 Z. Eisendraht Nr. 16 gänzlich zu Kugeln und machte 7 Z. rothglühend, jene nicht einmal 3 Z. [2]. Bei beiden dienten Tuchscheiben, mit Salmiakauflösung getränkt, als Zwischenleiter. Auch Cuthbertson's Versuche [3], stimmen nicht mit Wilkinson's Gesetze überein, wenn sie gleich nicht so auffallend, als die eben angeführten abweichen. Da er nämlich zwei Trogapparate, jeden von 30 Plattenpaaren 6 Z. ins Gevierte so mit einander verband, dafs sie eine einzige Batterie mit doppelt so grofser Oberfläche der einzelnen Platten bildete, so brachten sie von Eisendraht, dessen Durchmesser 0,01 Z. betrug (Nr. 11) eine Länge von 16 Z. zum Glühen, während ein einzelner Trog eine Länge von 8 Z. zum Glühen brachte. Bei gleicher Anzahl der Schichtungen nahm also das Vermögen, Draht zu schmelzen, nur im einfachen Verhältnisse der Oberfläche der einzelnen Platten zu. In einem andern Versuche mit einer gewöhnlichen Z K Säule von 1 Fufs im Durchmesser, deren Tuchscheiben mit verdünnter Salzsäure getränkt waren, stand dagegen bei gleicher Anzahl von Schichtungen die geschmolzene Drahtlänge im Verhältnifs des Quadrats der Oberfläche der Platten. Damit stimmt auch ein Versuch H. Davy's nahe überein, in welchem 20 Plattenpaare, jede von

1 G. XXIII. 267. ff.
2 G. X. 136.
3 G. XXIII. 263.

8 Fuſs Fläche, von einem Drahte mehr als das 16fache zum Glühen brachten, als 20 Plattenpaare, jedes von 2 Quadratfuſs Oberfläche [1]. Uebrigens läſst sich aus theoretischen Gründen annehmen, daſs das Verhältniſs, in welchem die Wirksamkeit Volta'scher Apparate mit der Vergröſserung der Oberfläche zunimmt, ein Veränderliches sey, nach Verschiedenheit der Zahl der Schichtungen dieser Apparate, was auch schon durch die angeführten Versuche angedeutet wird.

3. Die verschiedene Beschaffenheit der feuchten Zwischenleiter wirkt hier nach demselben Gesetze, wie in der Bestimmung des Quantums der Wasserzersetzung. Die feuchten Leiter erhöhen nämlich im Allgemeinen die Wirksamkeit der Säule, Temperaturerhöhung hervorzubringen, in dem Grade, in welchem sie bessere Leiter der E. sind und zugleich eine stärkere oxydirende Wirkung auf das Zink ausüben. Am wirksamsten fand Cuthbertson zum Drahtschmelzen eine Mischung aus einem Theile starker Salpetersäure, 10 Theilen Wasser und ein wenig Salzsäure [2]. Die drei Mineralsäuren fand er in folgender Ordnung wirksam: Salpetersäure, Schwefelsäure, Salzsäure. Mit letzterer ist aber die Wirkung viel anhaltender. Als nach 14 Stunden bei Füllung der Tröge mit ersteren die Batterie alle Wirkung verloren hatte, schmolz sie mit Salzsäure geladen noch $\frac{2}{3}$ der ursprünglichen Drahtlänge, und selbst nach 2 Tagen noch $\frac{1}{3}$, behielt auch diese Kraft 4 Tage bei, und noch nach 6 Tagen wirkte sie kräftig auf Wasserzersetzung. In allen diesen Fällen waren die Plattenpaare in der Zwischenzeit aus den Trögen herausgenommen worden. Davy [3] fand eine mit 60 Theilen Wasser verdünnte Salpetersäure von 1,4 spec. Gewicht bei weitem wirksamer als eine gesättigte Auflösung von kohlensaurem Kali, ohngeachtet letzteres erstere an Leitungskraft für E. ihm zufolge weit übertrifft, und da concentrirte Schwefelsäure, wenn gleich ein vortrefflicher Leiter, ohne alle Wirkung zum Drahtschmelzen ist, so stellt Davy den allgemeinen Satz auf, daſs die Flüssigkeit im Verhältnisse ihrer oxydirenden Kraft auch diese Wirkung der Säule vermehre. van Marum und Pfaff [4]

1 Elem. of chem. Phil. p. 156.

2 G. XLIV. 236.

3 G. XII. 384.

4 G. X. 145.

fanden dagegen die Wirkung nicht verstärkt, in dem Verhältnisse, in welchem die Flüssigkeit stärker oxydirend wirkte, namentlich fanden sie die Salmiakauflösung wirksamer als concentrirte und verdünnte Salpetersäure, jedoch bedienten sie sich hierbei nicht eines Trogapparats, sondern einer gewöhnlichen Säule mit Tuchscheiben; auch erhielten sie bei Anwendung einer möglichst concentrirten Auflösung von Kali schon mit drei Plattenpaaren von 5 Z. Seite merkliche Funken. Unter den Salzauflösungen zeigte sich in allen Versuchen mit Z K Säulen die Salmiakauflösung vorzüglich wirksam.

93. Die Wärmeerzeugung findet aber nicht bloſs bei der Schlieſsung der Säule durch feste Leiter und in diesen allein, sondern auch in den Flüssigkeiten statt. Buntzen[1] schmolz in die Spitze einer /\förmig gebogenen Röhre ein Thermometer, bis zu welchem die in feine Spitzen ausgehenden Metalldrähte reichten. Bei der Füllung der Röhre mit destillirtem Wasser stieg das Thermometer nach 10 Minuten von 14° auf 23°. Bei der Füllung mit Salmiakauflösung stieg es in einigen Minuten auf 38°; in einem andern Versuche, wo alle Ursachen *der Abkühlung* entfernt wurden, stieg das Thermometer auf 60°. Er
Fig. 137. nahm dann zwei Röhren, in deren Spitzen sich zwei Thermometer befanden und wobei in a der eine, in b der andere Polardraht bis ans Thermometer reichte. Die Temperatur des Zimmers war 10° R. Nachdem die Säule von 1500 Plattenpaaren eine Minute eingewirkt hatte, stand das Thermometer am positiven Drahte auf 12°, am negativen auf 8°. Nach Verlauf einiger Minuten stieg letzteres auf 10° und endlich blieben beide Thermometer bei 15° stehen. In Salmiakauflösung stiegen beide auf 20°. Nach dem Gefühle zu schlieſsen war die Temperatur in der mittleren Biegung der Röhre zu erkennen, also da, wo die Indifferenz von + und — E statt findet. Oersted[2] führt einen Versuch an, wo sich das Wasser in einer offenen, in weiſsem Wachs gemachten Rinne befand, ungefähr 3 Z. lang und 3 Lin. breit, nur etwas erweitert, wo die Thermometer eingesenkt waren. Die Zuleitungsdrähte bestanden aus Platin, die Temperatur der Luft betrug 10° C. Sobald die Kette geschlossen wurde, fingen die Thermometer an zu steigen, und

1 G. XXV. 149.

2 Ansicht der chemischen Naturgesetze. Berlin 1812. S. 161.

nach einigen Minuten stand das auf der Oxygenseite auf 20°, 5, das auf der Hydrogenseite auf 18°, ein in der Mitte befindliches Thermometer aber auf 23°. In besser leitenden Flüssigkeiten fand Oersted dagegen die Wärmeerzeugung geringer, namentlich in Salmiakauflösung nicht über 3°. Im Wasser, welches durch einen Zusatz von Weingeist etwas an Leitungsfähigkeit verloren hatte, stieg es auf der Oxygenseite auf 18°,7, auf der Hydrogenseite auf 16°,2 und in der Mitte auf 20°,5. Die Säule scheint nach den unvollkommenen Andeutungen in Oersted's Schrift nicht stärker als von 100 Platten gewesen zu seyn. Hierher gehört denn auch ein merkwürdiger Versuch Children's mit einem mächtigen Trogapparate, in welchem zwei gleiche Quantitäten Quecksilber in zwei Schälchen von gebranntem Thon, die eine mit dem einen, die andere mit dem entgegengesetzten Batteriepole und beide unter einander durch einen Platindraht in Verbindung gesetzt wurden, und zwar von solcher Dicke und Länge, dafs der Draht während der Schliefsung stets glühend erhalten wurde. Es zeigte nun das mit dem positiven Pole in Verbindung stehende Quecksilber nach 20 Minuten eine Temperatur von 121° F., der mit dem negativen Pole in Verbindung stehende aber nur eine Temperatur von 112° [1].

94. Auch die physiologischen Wirkungen der einfachen Kette werden durch Vervielfachung der letzteren auffallend und auf eine merkwürdige Art verstärkt. Wenn die einfache Kette auf das Gefühlsorgan unverletzter Theile keine merkliche Einwirkung äufsert, so zeigt dagegen die Säule eine solche in einem sehr hohen Grade. Sie theilt im eigentlichsten Verstande Erschütterungen mit, die bis zum ganz Unerträglichen gehen können. Volta's erster Aufsatz über die eben von ihm erfundene Säule [2] handelt vorzüglich von ihren physiologischen Wirkungen. Man errichte eine Säule von 100 Plattenpaaren Z K von etwa zwei Quadratzoll Oberfläche, mit Tuchscheiben, die mit kalter Salmiakauflösung getränkt sind, deren Platten von 10 zu 10 mit Haken versehen sind. Schliefst man eine solche Säule mit vollkommen trockenen Fingern, so hat man so gut wie keine Empfindung, sind dagegen die Finger genäfst, so wird man, indem man den einen Finger auf die unterste Stelle

1 G. LII. 352.

2 Philos. Trans. 1800. p. 416.

aufsetzt und nach der Reihe an der 10ten 20ten Platte u. s. f. schliefst, von einer eigenthümlichen, betäubenden, den Finger zusammen schnürenden, und im Augenblicke der Schliefsung zugleich augenblicklich erschütternden Empfindung afficirt, die um so unangenehmer wird, und um so weiter sich in der ganzen Länge des Fingers erstreckt, je gröfser das Stück der Säule ist, welches auf diese Weise geschlossen wird. Noch unangenehmer wird die Empfindung in den schliefsenden Fingern, wenn sie mit Kochsalzauflösung oder gar mit Salmiakauflösung befeuchtet sind. Dieses ist in noch viel höherem Grade der Fall, wenn man vom untern Pole der Säule aus einen breiten Stanniolstreifen in ein Becken mit Wasser, besonders mit warmem Kochsalzwasser gehen läfst, in welches die eine Hand getaucht wird, während man mit der andern gleichfalls mit Kochsalz- oder Salmiakauflösung hinlänglich genäfsten Hand eine Metallplatte oder ein anderes hinlänglich grofses Metallstück, am besten von Zink umfafst und durch eine rasche Berührung eines jener hervorstehenden Haken oder des Randes einer der Platten der Säule mit den Metallstücken schliefst. Schon bei der Berührung der vierten Platte einer wie oben beschriebenen Säule wird man beim Eintauchen eines Fingers in das Becken eine Art von stechender Empfindung bemerken, beim Eintauchen der ganzen Hand wird man bei Berührung der zehnten Platte schon eine leichte Erschütterung fühlen, die bis zum Handgelenke in beiden Händen sich erstreckt, bei der Berührung der 40sten Platte erstrecken sich die Erschütterungen durch beide Arme bis zu den Schultern, vorzüglich durch denjenigen Arm, dessen Hand in das Wasser des Beckens eingetaucht ist, wenn dasselbe mit dem negativen Pole in Verbindung steht; ist blofs ein Finger eingetaucht, so concentriren sich diese Erschütterungen mehr ausschliefslich auf diesen, sind um so schmerzhafter und fast unerträglich. Schliefst man bei der 60sten, 70sten Platte, so werden diese Erschütterungen immer unangenehmer, erstrecken sich bis in die Brust, und sind, wenn man sich entschliefsen kann, die ganze Säule so zu entladen, so heftig, dafs man den Versuch nicht leicht wiederholt. Dabei sind mit diesen Erschütterungen auch krampfhafte Zusammenziehungen der Muskeln verbunden; wiederholt man kurz nach einander die Schliefsungen selbst nicht höher hinauf als bis zur 40sten Platte mit zwei Metallstücken, die man mit der nassen Hand wohl umspannt

hat, so wird der Arm gleichsam betäubt. Die augenblickliche Erschütterung, welche man bei der Schliefsung empfindet, vergleicht VOLTA mit derjenigen, welche eine Batterie von sehr grofser Oberfläche, die zu einem sehr schwachen Grade von Spannung geladen ist, ertheilt, vorausgesetzt, dafs man auf dieselbe Weise durch grofse Metallstücke, die mit den nassen Händen umfafst sind, die Entladung vornehme[1]. Von dem Schlage einer mäfsig geladenen Leidner Flasche unterscheidet sich der galvanische Schlag dadurch, dafs jener weit weniger nach Innen zugehend, die Organe gleichsam mehr von Aufsen trifft und in einem Momente erschöpft ist, der galvanische hingegen weit mehr in das Innere der Organe eindringt, und man gleichsam seine Fortpflanzung im Innern längs dem Laufe der Nerven recht deutlich unterscheidet. Auch haben nach VOLTA's Versuchen[2] die Erschütterungen, die seine Säule ertheilt, die gröfste Aehnlichkeit mit den Erschütterungen, welche die Krampfrochen verursachen.

Wenn man durch Schliefsung der Säule auf die oben angegebene Weise eine Erschütterung erhalten hat, und in der Schliefsung beharrt, so empfindet man zwar im Anfange nichts besonderes, aber bald tritt eine eigenthümliche Art von schmerzhafter Empfindung, die mit einer eigenen Hitze begleitet ist, ein, nimmt bei grofsen Säulen zu, so, dafs sie endlich fast unerträglich werden kann. Schliefst man, während man entweder die Hand in das Becken mit Wasser taucht, nach welchem der Stanniolstreifen von dem einen Pole geht, oder indem man eine mit der Hand umspannte Metallplatte auf den Haken der untern Platte der Säule aufsetzt, an irgend einem befeuchteten Theile des Gesichts z. B. an der Stirne, der Nasenspitze, den Augen, oder an irgend einer Stelle des Körpers, der mit einer zarten Oberhaut bedeckt ist, so hat man im Augenblicke der Schliefsung eine Art von Stofs, und eine eigenthümliche schmerzhafte, stechende Empfindung, die bei schnell wiederholter Oeffnung und Schliefsung zu einem unerträglichen Gefühle wird. Hebt man die Verbindung nach der Schliefsung nicht wieder auf, so läfst zwar das schmerzhafte Gefühl für einige Augenblicke wieder nach, aber bald entwickelt sich an dem berührten Theile

1 Vrgl. Volta in G. XIV. 262.

2 a. a. O.

eine andere Art von Empfindung, ein stechender Schmerz, der sich auf den berührten Theil einschränkt. Dieselbe Art von Erschütterung in den Fingern, Armen u. s. w., die man im Augenblicke der Schliefsung empfindet, kehrt wieder, wenn man nach kurzer Zeit wieder öffnet, doch im Ganzen im geringeren Grade als bei der Schliefsung.

Ritter will einen ähnlichen Gegensatz in der Einwirkung der beiden Pole auf das Gefühlsorgan bemerkt haben, wie ihm zufolge sich in den Empfindungen der Sinnorgane zeigt, die schon durch die einfache Kette merklich afficirt werden. Für das Gefühl [1] soll nämlich unter ganz gleichen Umständen der Schlag an der negativen Seite stärker erscheinen, als an der positiven, aber diese gröfsere Stärke soll gleichsam nur eine scheinbare seyn, nicht abhängig von einem gröfseren Quantum von Thätigkeit, wie man am besten daraus erkenne, dafs, wenn man bei wiederholtem Oeffnen und Schliefsen der Kette allmälig kleinere Stücke der Säule auf sich einwirken lasse, indem man jedesmal mit den befeuchteten Fingern an beiden Polen schliefst, beide Schläge doch ganz gleichzeitig aufhören, fühlbar zu seyn, sondern von einer specifischen Verschiedenheit und gleichsam entgegengesetzten Qualität; der Finger auf der negativen Seite [2] wird von seinem Verbindungsorte mit der Batterie aus nach innen zu, wie in gerader Linie schneidend durchdrungen, es ist fast, als wenn durch und durch in ihm etwas weggenommen würde, als ob der Finger, die Hand schwände, und man kann den ganzen Vorgang mit keinem kürzeren Namen, als dem von Contraction im eigentlichen Sinne des Wortes belegen. Der Finger am positiven Pole im Gegentheile wird im Augenblicke des Schlags seiner Hülle gleichsam zu eng, es ist ein Drängen und Treiben, als wollte er aus sich selbst heraus, er befindet sich in einem Zustande von Auftreibung und Spannung genau so, wie wenn er entzündet und davon angeschwollen wäre. Das bündigste Wort ist Expansion. Dieses soll das Eigenthümliche des Schlags von jeder Seite seyn, wie grofs oder klein er auch sonst seyn möge, und in allen Theilen, auf welche sich der Schlag bezieht, und in welchen das Gemeingefühl zunächst in Anspruch genommen wird, ist dasselbe auf

1 Beiträge II. Bd. 2tes St. S. 16. 17.

2 a. a. O. S. 32.

gleiche Weise afficirt. Ritter führt in dieser Hinsicht mehrere einzelne Theile an, an welchen sich ihm dieses bestätigt habe. So soll z. B. der Schlag, wenn man an der Zunge von der positiven Seite aus schliefst, deutlich mehr von innen nach aufsen gehen und ganz genau einen Eindruck zurücklassen, als ob von dem Schlage eine Beule auf ihr entstanden wäre, der Schlag von der negativen Seite soll dagegen mehr von aufsen nach innen gehen, und einen Eindruck zurücklassen, als ob ein Loch in die Zunge geschlagen wäre u. s. w. Zugleich soll am positiven Pole mit jenem Gefühle der Expansion jedesmal ein Gefühl der Wärme und am negativen Pole mit dem Gefühle der Contraction auch das der Kälte eintreten [1]. Im Augenblicke der Trennung sollen sich alle diese Erscheinungen in die entgegengesetzten unwandeln; der im Augenblicke der Schliefsung am positiven Pole scheinbar schwächere Schlag ist dann der stärkere mit dem Gefühle der Contraction und der Verminderung der Wärme; am negativen Pole ist dagegen beim Oeffnen der Schlag der scheinbar schwächere, mit dem Gefühle der Expansion und der Vermehrung der Wärme [2].

So bestimmte Gegensätze und Verschiedenheiten haben indefs so wenig ich selbst als andere, die ich nach ihren Empfindungen befragte, wahrnehmen können. Allerdings schien mir der Schlag an der negativen Seite gleichfalls etwas schmerzhafter, als an der positiven, und mehr zusammenschnürend, aber auch in dem Schlage am positiven Pole lag etwas von jener Zusammenschnürung, auch hatte ich gewöhnlich an dem Finger, welcher mit dem negativen Pole in Berührung war, mehr das Gefühl der Wärme, als in dem Finger, auf welchen der positive Pol unmittelbar wirkte. Jedoch selbst Ritter widerspricht sich in dieser Hinsicht. In seinen Versuchen und Bemerkungen über den Galvanismus [3] sagt er ausdrücklich: „derselbe Pol der Batterie, welcher im Ohre den stärkeren und zugleich höheren Ton, und in der Hand die höhere Wärme giebt, giebt im Auge die rothe Farbe, derselbe Pol, der im Ohre den tiefern und zugleich schwächeren Ton, und in der Hand Kälte giebt, derselbe giebt im Auge blaue Farbe.“ Hier

1 Beiträge II. Band 3. 4. St. S. 102.

2 Beiträge ebendas. S. 75.

3 Voigt's Magazin VI. S. 97 ff. und Ph. ch. Abh. III. S. 162.

wird also vielmehr dem negativen Pole die Eigenschaft zugeschrieben, Wärme zu erzeugen. In seinen Dictaten [1] sagt er dagegen: „Ueberall, wo der Körper oder das bestimmte Organ desselben genöthigt ist, sich zu oxygeniren, tritt für das allgemeine Gefühl bei der Schlieſsung Contraction, wo es genöthigt ist, sich zu hydrogeniren, Expansion ein, und verharrt die Zeit der Schlieſsung über. Jene (die Contraction) ist überall mit dem Gefühle von Wärme, diese (also die Expansion) mit einem Gefühle der Kälte begleitet." Hier wird demnach dem positiven Pole Erregung von Contraction für das Gemeingefühl zugeschrieben, der nach dem obigen vielmehr Expansion hervorrufen sollte, und so umgekehrt, im Widerspruche mit dem obigen, dem negativen Pole eine expandirende Einwirkung. Was die ähnlichen, nur nach der Natur der Empfindungen jedes Sinnorgans sich eigenthümlich gestaltenden, Gegensätze der Einwirkung der entgegengesetzten Pole betrifft, so glaubt Ritter alles das, was in dieser Hinsicht schon oben Nr. 53. bei der einfachen Kette angeführt worden ist, vollkommen bestätigt gefunden zu haben, so zwar, daſs der positive Pol die Function des potisiven Metalls in der einfachen Kette, und der negative Pol die des negativen vertritt.

Was insbesondere die Einwirkung auf das Auge betrifft, so tritt ein über das ganze Gesicht sich verbreitender blitzähnlicher Lichtschein bei jeder Verbindung irgend eines innern oder äuſsern Theiles des Vorderkopfes, der entweder an sich befeuchtet, oder vorher naſs gemacht ist, z. B. der innern Fläche der Backen, der Nase, der Nasenspitze, der spongiösen Substanz der Zähne, der Stirn, der Augenbraunen, mit dem einen Pole ein, wenn man mit dem Finger oder sonst einem Theile des Körpers am anderen Pole schlieſst, oder noch besser die Schlieſsung umgekehrt vornimmt. Am stärksten ist indeſs dieser blitzähnliche Schein, wenn das Auge selbst in die Kette gebracht, diese also unmittelbar an dem Augapfel oder an den Augenbraunen geschlossen wird. Der Gegensatz von Blau und erhöhtem Lichtzustande durch den positiven und von Roth und vermindertem Lichtzustande durch den negativen Pol soll sich nach Ritter hierbei besonders auffallend zeigen, und beim Oeffnen soll jeder Zustand in den entgegengesetzten übergehen.

1 Ph. ch. Abh. III. S. 293.

In der Nase erregt nach RITTER der negative Pol, wenn man den Polardraht in die Höhle derselben führt, einen Drang zum Niesen, endlich dieses selbst und zugleich eine Spur von Geruch nach Ammoniak; der positive Pol dagegen hebt die vorhandene Fähigkeit zum Niesen auf, und bringt überhaupt eine Abstumpfung der Nase, wie etwa durch oxygenirte Salzsäure hervor. Zuweilen hat man selbst eine Art von saurem Geruch. Beim Oeffnen gehen die Zustände, die während des Geschlossenseyns angehalten haben, in die entgegengesetzten über.

Auf der Zunge bewirkt der positive Pol, nachdem die erste Empfindung des Schlags im Augenblicke der Schliefsung vorüber ist, einen sauren Geschmack, welcher nach anhaltender Schliefsung bei der Trennung in einen bittern alkalischen übergeht, beim negativen Pole findet die umgekehrte Ordnung statt. Der Geschmack wird auch wohl als eine Art von Duft im Munde empfunden, wenn man an einem dem Munde nahe gelegenen Theile des Vorderkopfes z. B. an der Nasenspitze, schliefst.

Was die Einwirkung auf das Gehörorgan betrifft, so bemerkt schon VOLTA [1], dafs, als er zwei mit den beiden Polen einer Säule von 40 Plattenpaaren verbunden, vorn abgerundete Metalldrähte so tief wie möglich in die beiden Ohren hineinbrachte, er im Augenblicke der Schliefsung eine Erschütterung im Kopfe empfand, und einige Augenblicke nachher ein nicht zu beschreibendes Geräufch, eine Art von Zischen oder stofsweisem Bollern, wie wenn eine zähe Materie kochte, und das, ohne zuzunehmen, die ganze Zeit der Schliefsung hindurch fortdauerte. Nach RITTER [2] soll das mit der Schliefsung der Kette entstehende Geräusch von einem Tone begleitet seyn, der, wenn beide Ohren zugleich in der Kette sind, als G der eingestrichenen Octave oder $\bar{g}$ zu unterscheiden ist; befindet sich nur ein Ohr in der Kette, so ist vom positiven Pole aus der Ton tiefer als $\bar{g}$, am negativen aber höher. Zugleich soll der Schlag und Schall vom negativen Pole stärker seyn, als vom positiven. Diese Töne sollen während der Schliefsung anhalten und bei der Trennung in die entgegengesetzten übergehen.

Man wird zugeben müssen, dafs ein sehr feiner Beobachtungsgeist nöthig ist, um solche Bemerkungen mit einer solchen Be-

1 Phil. Trans. 1800 p. 427.

2 Beiträge a. a. O. S. 160.

stimmtheit machen zu können. Meine eigenen Erfahrungen stimmen mit denen Ritter's nur in Betreff des Geschmacks überein, und in Hinsicht auf die Einwirkung auf das Auge glaubte ich bisweilen etwas Aehnliches beobachtet zu haben. Ich beziehe mich übrigens auf das, was ich schon oben Nr. 53. hierüber bemerkt habe.

Die Erschütterungen starker Volta'scher Säulen können wie die einer Leidner Flasche einer Reihe von Personen gleichzeitig mitgetheilt werden, wenn sie sich mit nassen Händen anfassen und die beiden äufsersten, die eine am positiven, die andere am negativen Pole schliefst.

95. Hier mögen dann auch einige für die Theorie noch aus einem andern Gesichtspuncte interessante Versuche über die Fortpflanzung der erschütternden und wasserzersetzenden Kraft der Volta'schen Säule durch weite Strecken von Leitern ihren Platz finden. Erman[1] wählte zu seinen Versuchen eine Stelle in der Havel bei Potsdam, wo sich der Strom in eine breite, seeartige Wasserfläche ergiefst. Auf einem Nachen, der weit hinaus im Strome durch Pfosten unbeweglich erhalten wurde, errichtete er eine Zink-Silbersäule von 100 Schichtungen. Von dem einen Pole hing ein Draht in das Wasser. Zum entgegengesetzten Pole gehörte ein Draht, der in einer Länge von 124½ Fufs über dem Wasserspiegel und parallel mit demselben ausgespannt und an einem Pfosten von gut isolirendem Holze befestigt war. Dieser Draht war mit dem Pole der Säule vermittelst eines Gasapparats verbunden. Im Augenblicke als das abgewandte Ende des Drahts den Wasserspiegel durch einen angebrachten metallischen Zuleiter berührte, ging in einem Nu die Wasserzersetzung von Statten, und zwar gerade mit derselben Energie, als wenn der Gasapparat unmittelbar von Pol zu Pol angebracht worden wäre, so dafs sich die Wirkung vollkommen gleich blieb, der schliefsende Bogen mochte eine Ausdehnung von 1½ Fufs oder von 249 Fufs haben, wovon überdies die Hälfte eine ungeheure Menge von unisolirtem Wasser war. Zog man den Draht vom untern Pole aus dem Wasser heraus, so hörte ebenfalls alle Wasserzersetzung auf; hielt man mit der einen Hand das Ende des langen ausgespannten Polardrahtes, während man mit der andern irgend einen Punct der grossen Wasserfläche berührte, so bekam man eine Commotion beinahe eben so stark,

1 G. XIV. 385.

als hätte man die Pole durch gemeinschaftliche Berührung mit beiden Händen entladen. Das Nämliche fand statt, wenn das Ende des langen Polardrahtes ins Wasser hing, und man 129 Fuſs davon den Draht des entgegengesetzten Pols in die eine Hand nahm und mit der andern die Oberfläche des Wassers berührte. Hing das Ende des langen Drahtes ins Wasser, und wurde der entgegengesetzte Polardraht aus dem Wasser gezogen, so gab das Elektrometer, welches man an das Ende des langen Drahts oder an das darunter stehende Wasser applicirte, eine sehr starke positive Divergenz [1], die in einem Umkreise von 3 bis 4 Fuſs um diesen Polardraht immer schwächer wurde und in einer Entfernung von 6 Fuſs Radius gänzlich aufhörte. Alles verhielt sich unter gleichen Umständen auf die entgegengesetzte Weise am negativen Pole. Hingen beide Pole ins Wasser, so zeigte das Elektrometer nirgend eine Spur von Divergenz. An das isolirte Ende des 124½ Fuſs langen Drahtes wurde nun ein Draht von beinahe 100 Fuſs geknüpft. Dieser war auf einer Rolle aufgewunden. Erman ruderte dann in einem Nachen fort, während er den Draht abwickelte. In welcher Richtung er auch fuhr, überall wurde ein ganz unversehrter Frosch, den er, indem er sich selbst isolirt hatte, so hielt, daſs seine Hinterfüſse den Draht berührten, in die heftigsten Zuckungen versetzt, sobald der Kopf oder die Vorderfüſse an die Oberfläche des Wassers gebracht wurden. Aber auch ein einfaches Element von Zink und Silber war im Stande, durch diesen mächtig langen Bogen das Präparat in die heftigsten Zuckungen zu versetzen. Die Fische der Havel schienen stets auſser dem Kreise zu bleiben, wo das Elektrometer noch afficirt wurde, zeigten aber bei wirklicher Entladung keine Spur eines empfundenen Reizes. Gasentbindung und Zusammenfallen des Elektrometers waren stets gleichzeitig im Augenblicke der Schlieſsung.

Basse in Hameln [2] hat diese Fortleitung noch weiter durch groſse Strecken der Weser und des feuchten Erdbodens getrieben. Als er jeden Pol mit einem Drahte von 4000 Fuſs Länge verband, so zeigten sich im Augenblicke der Schlieſsung der beiden äuſsersten Enden durch gut ausgeglühte Holzkohlen

1 Hier scheint ein Druckfehler obzuwalten, denn an einem so wohl abgeleiteten Pole sollte das Elektrometer nach der Analogie aller Versuche keine Spannung mehr zeigen.

2 G. XIV.

oder durch ein Goldblättchen lebhafte Funken. In der gefrornen Weser öffnete er einige Schritre vom Ufer das Eis, stellte seine Säule neben die Oeffnung, und verband den Draht des —Pols mit der Weser; an dem entgegengesetzten Ufer des Stromes in einer Entfernung von 500 Fuſs vom Standorte der Säule öffnete er das Eis abermals, zog einen isolirten Eisendraht vom + Pole der Säule queer über die Weser bis an diese Oeffnung, stellte sich auf ein Isolatorium, nahm die Endspitze des + Pols der Säule in den Mund und berührte mit der Hand das Wasser der Weser, worauf er eine augenblickliche Erschütterung an der Zunge und in den Fingerspitzen, einen sauern metallischen Geschmack und Blitze vor beiden Augen verspürte. Wurde eine zinnerne Schale unmittelbar auf das Wasser in die Oeffnung gesetzt, so konnten durch ein am Ende des positiven Drahtes angehängtes Goldblättchen Funken entlockt werden. Ja selbst durch eine Strecke von 4000 F. der Weser und einen auf hölzernen, in Löchern des Eises eingelassenen, Pfosten isolirten Draht pflanzte sich die Wirkung der Säule ungestört fort. Als der Versuch auf einer Insel der Weser bei offenem Wasser angestellt wurde, war die Vorrichtung getroffen, daſs die galvanische Leitung ihren Weg theils mit dem Strome, theils gegen den Strom durch eine Strecke von 1500 Fuſs nehmen muſste. Ja als Basse durch eine Strecke von 200 Fuſs des Erdbodens von einem Brunnen entfernt war, in dessen Wasser der negative Pol durch einen Draht hineinreichte, empfand er lebhafte Erschütterungen, als er an dem positiven Polardrahte, der bis zu dieser Entfernung isolirt fortgeführt war, die Kette schloſs. Als Basse von dem einen Pole aus einen isolirten Eisendraht von 2000 Fuſs Länge über eine Wiese hinführte, einen Eisendraht von dem andern Pole in das nasse Erdreich leitete, und da, wo sich der erste Polardraht endigte, gleichfalls einen Eisendraht in das Erdreich versenkte, und die Enden dieser Drähte in zwei isolirte zinnerne, mit Kochsalzauflösung gefüllte Schalen gehen lieſs, erhielt er lebhafte Erschütterungen, als er mit seinen Händen durch Eintauchen in beide Schüsseln die Kette schloſs.

96. So wie die Stärke des chemischen Processes und der Wärmeerzeugung, so ist auch die Stärke des Schlages eine Function der verschiedenen Hauptbestimmungen der Säule, welche Abänderungen zulassen, nämlich der Zahl der Schichtungen, der Gröſse der Oberfläche der einzelnen Plattenpaare, so weit

sie mit dem feuchten Leiter in Berührung kommen und der Beschaffenheit des feuchten Leiters sowohl an und für sich als auch in Beziehung auf einander, jedoch nach Verhältnissen, die nicht ganz mit denen übereinstimmen, nach welchen die Stärke der beiden ersteren wächst. Im Allgemeinen nimmt mit der Zahl der Schichtungen die Stärke des Schlages zu, und bei Säulen von mehreren hundert Platten empfindet man ihn auch selbst noch bei der Berührung der Pole mit trockenen Fingern. Diese Stärke fand Ritter in einem Versuche bis auf 2000 Lagen einer Kupfer-Zinksäule von ohngefähr 2 Quadratzoll Oberfläche der feuchten Pappscheiben, die mit Salmiakauflösung getränkt waren, noch zunehmen, und der Schlag derselben war so heftig, daſs es unmöglich war, ihn auch nur mit trockenen Händen bis 2000 hierauf zu verfolgen. Eine Reihe von 50 Personen, ebenfalls nur durch die trockenen Hände verbunden, wurde schon auf das stärkste erschüttert. In Beziehung auf den oben nach Ritter angegebenen Dualismus und respectiven Gegensatz der Empfindungen, welche durch die entgegengesetzten Pole in den verschiedenen Sinnorganen erregt werden, will Ritter noch auſserdem die Beobachtung gemacht haben, daſs bei allmäliger Zunahme der Einwirkung der Volta'schen Säule diese Empfindungen sich gerade in die entgegengesetzten verwandeln, indem sie durch eine Art von Indifferenz hindurchgehen, so daſs über diesen Punct hinaus der + Pol dann vielmehr im Augenblicke der Schlieſsung die Empfindungen, welche der — Pol bei schwacher Einwirkung hervorbringt, erregt, und eben so der — Pol die Empfindungen, die bei schwächerer vom + Pole abhängen. Wenn man z. B. bei einer Säule von 150 bis 200 Plattenpaaren Z K von etwa zwei Quadratzoll Oberfläche und mit Salmiak geschichtet einerseits mit der mit Salmiak befeuchteten Hand, andererseits mit Eisen oder Messingdraht an den befeuchteten Augenbraunen schlieſst, so hat man nach Ritter, wenn man erst wenige Lagen in den Versuch nimmt, das Blau im Auge am + Pole, es nimmt zu, so wie man steigt, endlich steht es still, es trübt sich, es wird eine gemischte Farbe grüner Art daraus, doch nicht so bestimmt grün als das vorige Blau war, dann entwickelt es sich zu Gelb, bis es endlich das herrlichste Roth wird, von einer Intensität, welche selbst die am — Pole übertrifft. Trennt man nach einiger Zeit anhaltender Schlieſsung die Kette, so hat man Blau, dieses wird aber sehr bald schwach,

und geht durch die nämliche Art von Grün in schwaches Gelbroth oder Roth über, in welchem dann das Phänomen erlöscht. Am negativen Pole braucht man etwas mehr Lagen, bis der Wendepunct eintritt. Die Lichtzustände sollen jedoch nicht wechseln. Dieselben Umkehrungen sollen auch in den Empfindungen des Geschmackorgans eintreten, und zwar soll der saure des positiven durch einen neutralsalzigen, wie von Kochsalz, in den bestimmtesten brennend alkalischen und so umgekehrt der negative alkalische in den sauren positiven sich verwandeln. Um diese Beobachtungen leichter anstelleu zu können, ist es gut, dafs man mit dem Organe, dessen Empfindung man kennen lernen will, zuerst mit dem einen Pole in Verbindung tritt, und dann mit der Hand an dem andern Pole schliefst. Selbst für die Gefühle von Wärme und Kälte soll diese Umkehrung auch schon durch die Einwirkung von Säulen von 100 Plattenpaaren, die mit Salmiak geschichtet sind, eintreten [1].

Diese ganze Darstellung hängt bei Ritter mit einer seltsamen Hypothese von sogenannten Flexoren oder einer bedingten und Extensoren oder unbedingten Erregbarkeit zusammen. Mir hat es nie gelingen wollen, in dieser beweglichen Sphäre der Empfindungen alles so regelmäfsig erfolgen und fixirt zu sehen. Auch finde ich von keinem einzigen Physiker diese Beobachtungen durch Wiederholung bestätigt, wie es denn überhaupt höchst schwierig ist, bei sehr starker Action der Säule seine Empfindungen noch genau zu unterscheiden.

Die Vergröfserung der Oberfläche der Plattenpaare von einer gewissen Grenze an scheint für eine gewisse Anzahl von Schichtungen und bei Anwendung eines bestimmten Leiters keine Verstärkung der physiologischen Wirkungen, und namentlich des Schlages, zur Folge zu haben. Van Marum und Pfaff [2] fanden bei der Anwendung von Salmiakauflösung die Schläge von gleichviel und zwar von 20 Schichtungen zweier Säulen, wovon die Platten der einen nur 1½ Z. im Durchmesser, die der andern 5 Z. Seite hatten, so ganz übereinstimmend, dafs kaum eine Verschiedenheit zwischen ihnen wahrzunehmen war. Simon [3] fand jedoch die Schläge von

1 Beiträge II. 3. u. 4. St. S. 163.

2 G. X. 142.

3 Ebend. VIII. 493.

18 Schichtungen Z K von 8 Z. Durchmesser mit Kochsalzauflösung eben so stark als von 30 bis 40 Schichtungen aus Platten von 2 Z. Durchmesser. Biot, ohne Zweifel durch seine irrige Hypothese von der Wirkungsart der Vergröfserung der Oberfläche verführt, behauptet sogar [1], die Erschütterungen müfsten abnehmen, indem die Oberfläche der Metallplatten zunimmt, doch ohne dafs darum umgekehrt die Erschütterungen mit Verminderung der Oberfläche immerfort zunehmen, vielmehr in einem gewissen Sinne abnehmen, weswegen eine kleinplattige Säule einen durchdringenden aber weniger heftigen Schlag als eine aus grofsen Platten zusammengesetzte gebe. Wirklich will er gefunden haben, dafs eine Z K Säule von kreisförmigen Scheiben, 14 Z. im Durchmesser haltend und aus 12 Paaren bestehend, kaum einige Erschütterung in den befeuchteten Fingerspitzen erregte, während eine Säule von 50 Centimenstücken und 50 Zinkscheiben von gleicher Gröfse einen durchdringenden Schlag gab. Volta erklärt als die Grenze, bis zu welcher allein die Vergröfserung der Oberfläche der Platten noch eine Verstärkung der Erschütterung hervorbringe, eine mit dem Durchschnitte des Handgelenks übereinstimmende Ausdehnung ihrer Oberfläche. Diese scheinbaren Abweichungen von einander rühren vorzüglich davon her, dafs man die Oberfläche nur an und für sich und nicht zugleich in Beziehung auf die andern Momente betrachtet hat. Ritter [2] bemerkt in dieser Hinsicht, dafs bei gleichbleibender Anzahl der Schichtungen die Verstärkung der Schläge, die von dem kleinsten Durchmesser an bis zu dem von 6 Z. noch stattfinde, bei grofsen Platten dann erst recht auffallend werde, wenn man die Hände mit einer gut leitenden Flüssigkeit gehörig befeuchte, und grofse Metallmassen, die man mit den Händen umfafst, zur Entladung gebrauche, und dafs der Einflufs der Vergröfserung der Oberfläche bis zu jener Grenze auf die Verstärkung der Schläge um so merklicher sey, je besser die E. durch den feuchten Zwischenleiter geleitet werde, am stärksten daher bei Salmiakauflösung, weniger bei Kochsalz, und am wenigsten bei Wasser. Damit stimmen dann auch meine eigenen Versuche überein. Den Einflufs der Beschaffenheit des feuchten Zwischenleiters betreffend gilt

1 G. X. 27.

2 Ph. ch. Abh. III. 378.

im Allgemeinen dasselbe Gesetz wie für die Verstärkung des chemischen Processes in der Gasröhre.

97. Es ist noch eine interessante, zu dieser allgemeinen Betrachtung des verstärkten Galvanismus gehörige, Frage, wie weit überhaupt die Wirkungen einer Volta'schen Säule getrieben werden können, ob es ein Maximum, eine Grenze für dieselben gebe, nach deren Ueberschreitung sie nicht weiter zunehmen, oder gar wieder abnehmen, oder ob diese Grenze bisher nirgend anders gefunden worden sey, als in den beschränkten Mitteln der menschlichen Macht. Ritter [1] hat diesen Gegenstand mit Scharfsinn erörtert, und die Frage sowohl durch theoretische Betrachtungen als durch unmittelbare Versuche zu lösen gesucht. Ich beschränke mich hier zunächst nur auf Mittheilung jener letzteren Antwort.

Ritter fand für die drei Hauptclassen von Wirkungen der Volta'schen Säule, die damals bekannt waren, die chemischen physischen (Feuererzeugung) und physiologischen, unter gegebenen Bestimmungen allerdings gewisse Grenzen oder Maxima, über welche hinaus diese Wirkungen nicht weiter verstärkt werden, sondern vielmehr wieder abnehmen, die aber für diese verschiedene Classen von Wirkungen selbst wieder verschieden ausfallen, und sich für jede einzelne abändern, so wie die Verhältnisse der drei Hauptmomente in der Säule, von welchen die Stärke ihrer Wirkungen abhängt, Zahl der Schichtungen, Gröfse der Berührungsfläche der Metallplatten mit dem feuchten Leiter, und Beschaffenheit dieses letzteren selbst sich verändern, so dafs in diesem verschiedenen Verhältnisse der Grund selbst liegt, dafs man die Verstärkung einzelner Wirkungen möglicher Weise einer Vergröfserung ins Unendliche fähig annehmen mufs. Bei einer Kupfer-Zinksäule von etwa $1\frac{1}{4}$ Quadratzoll Berührungsfläche mit dem feuchten Leiter, der in Form von Pappscheiben von der Dicke einer Linie angewandt wurde, fand sich für jede Art der Wirkung, nämlich die Funken und damit gegebene Verbrennungserscheinungen von Metallen, die Wasserzersetzung in Gasröhren mit Golddrähten, deren Enden eine Linie von einander abstanden, (wobei die Weite der Glasröhre nicht näher angegeben ist, die jedoch auf das jedesmalige Maximum gleichfalls ihren Einflufs ausüben mufs) und die Erschütterungen ein

1 Ph. ch. Abh. III. 362.

Maximum in der Anzahl der Schichtungen, über welches hinaus die Wirkung nicht mehr zunahm, sondern vielmehr abzunehmen schien. Dieses Maximum trat am frühesten für die Funken und Verbrennungserscheinungen ein, dann für die chemische Zersetzung, und war kaum für die Erschütterungen zu finden; es änderte sich indeſs nach Verschiedenheit des feuchten Leiters, und zwar fiel es um so weiter hinaus, ein je besserer Leiter die angewandte Flüssigkeit war (von denen jedoch nur 4, Salmiakauflösung, Kochsalzauflösung mit Lackmusdecoct und Rindsgalle, Kochsalzauflösung und Brunnenwasser angewandt wurden, deren Leitungsvermögen in dieser Ordnung abnimmt). Zur Erläuterung mögen hier folgende Versuche stehen. Ritter baute eine Säule von 1000 Lagen, deren Pappscheiben mit einer Brühe von Kochsalzlösung, Lackmusdecoct und Rindsgalle befeuchtet waren, er vertheilte sie in 10 kleinere Säulen, jede von 100 Lagen und verband sie dann auf die bekannte Weise (Nr. 69) zu einer einzigen groſsen Säule. An dem obern positiven Ende einer jeden einzelnen kleinern Säule hing er ein Goldblättchen auf, und fing nun an erst 100, dann 200, dann 300 Lagen und so fort in den schlieſsenden Kreis zu nehmen. So fand er ein Maximum der Verbrennung bestimmt zwischen 200 und 300 Lagen, über diese hinaus wurden zwar die Funken (mit Eisen gegen Eisen genommen) noch eine Zeit lang dem äuſseren Ansehen nach gröſser, aber sie verloren stets mehr an Energie am Goldblatte, bis zuletzt alle 1000 Lagen zusammen kaum noch eine Spur von wahrer Verbrennung zeigten, und die geringe Wirkung des Funkens auf das Goldblatt eine noch bloſs mechanische (?) zu seyn schien. Die Wasserzersetzung nahm von 100 zu 100 Lagen zu, doch nach und nach immer weniger und bei 600 Lagen stand sie mit der Erreichung eines Maximum für diese ganze Batterie still. 700, 800 Lagen und so fort wirkten schon wieder schwächer und alle 1000 beträchtlich schwächer als vorher bloſs 400. Für die Schläge war dagegen kein Maximum zu finden und sie wuchsen an Stärke noch so auffallend nach dem Ende der Säule zu, daſs man vermuthen konnte, das Maximum liege über 1000 weit hinaus. Selbst bei 1500 Lagen einer Säule von gleicher Construction war das Maximum nicht zu finden, auch wenn die mit Eisen armirten Hände bloſs mit Wasser befeuchtet waren.

Bei Kochsalzauflösung lag das Maximum für die Funken

bei 200, für die Wasserzersetzung bei 300; 1000 wirkten nur noch wie 300.

Bei Salmiakauflösung lag das Maximum für die Funken zwischen 600 und 800, von wo an sie erst anfingen an Kraft abzunehmen, für chemische Zersetzung selbst noch nicht bei 2000. Die Erschütterungen nahmen bis zu 2000 noch so sehr an Heftigkeit zu, dafs nach der Analogie zu erwarten war, ihr Maximum werde sich erst bei 18000 bis 20000 Lagen finden. Bei Brunnenwasser endlich trat für Funken schon zwischen 150 bis 200 das Maximum ein, indem er, von Eisen zu Eisen genommen, ganz ohne rothe Seitenstrahlen war, und mehr oder weniger ein blafsblaues Kügelchen bildete, welches wuchs und wuchs, und immer blauer und zugleich durchsichtiger wurde, bis es bei 1000 Lagen auch seinem Geräusche nach die gröfste Aehnlichkeit mit einem sehr kleinen Funken einer sehr schwach geladenen Leidner Flasche hatte. Für die Wasserzersetzung war die Wirkung scheinbar zwar zunehmend bis zur 1000sten Platte, wenn man jedesmal eine kurze Zeit im Kreise verweilte, wenn man aber auf die 3 bis 8 Minuten fortdauernde Action sieht, zwischen 100 und 200, indem wenn man weiter herauf kommt, diese fortdauernde Action nach sehr schneller Abnahme bald gänzlich fehlt, bei 1000 Lagen endlich sich auch nicht eine Spur mehr davon findet, und nach Oeffnung der Kette ein Zwischenraum von 10 bis 15 Minuten eintreten mufs, bis bei der neuen Schliefsung wieder einige Action zum Vorschein kommt; für die trockenen Hände lag das Maximum noch nicht bei 1000, bei mit Wasser befeuchteten und mit Eisen armirten Händen aber zwischen 600 und 700, so dafs die Erschütterungen bei 900 Lagen schon weit schwächer waren, bei mit Kochsalz befeuchteten Händen schon zwischen 500 und 600, bei mit Salmiak befeuchteten Händen gar schon zwischen 300 und 400, und zwar so, dafs in allen diesen Fällen nach einem Maximum der Schlag schnell an Energie abnahm, aber zugleich an Extensität zunahm, indem die Schläge sich mehr über den ganzen Körper verbreiteten, dabei aber immer trüber und leerer wurden, bis sie endlich von dem Schlage einer sehr kleinen, aber stark geladenen, Leidner Flasche kaum mehr zu unterscheiden waren.

Alle diese Maxima verändern sich aber sogleich mit Vergröfserung der Oberfläche der Plattenpaare, sie rücken sämmt-

lich für alle angegebene Wirkungen weiter hinaus, und zwar in gleicher Ordnung; bei doppelt so großer Oberfläche, wie die angegebene, ist das Maximum noch einmal so weit hinausgerückt, womit zugleich diese Maxima gröſser, als bei schmalen Platten sind; doch hat jede bestimmte Lagenzahl auch bestimmt eine Grenze der Breite, die nicht überschritten werden darf, wenn kein unnöthiger Aufwand von Materialien statt finden soll; und zwar liegt für jede bestimmte Lagenzahl diese Grenze um so näher, je besser die Flüssigkeit leitet, welche die Plattenpaare scheidet. Dabei äuſsert auch die Beschaffenheit des leitenden Bogens ihren Einfluſs; je besser dieser selbst leitet, um so weiter fällt diese Grenze des Maximums durch Vergröſserung der Oberfläche der Platten hinaus. Mit der Ueberschreitung dieser Grenze in der Breite der Plattenpaare nimmt aber die Wirkung in keinem Falle wieder ab, wie mit der Ueberschreitung dieser Grenze in der Zahl der Schichtungen. Bei bestimmten Dimensionen der Elemente einer Säule hat demnach ihre Action Grenzen, die sich nicht überschreiten lassen, für jede gegebene Höhe der Säule giebt es eine bestimmte Breite derselben, bei welcher sie ein Maximum von Wirkung bringt, dessen Vortheile man durch jede Ueberschreitung des einen oder andern beeinträchtigt, sobald man eine ohne die andere vergröſsert. Es giebt aber ein Verhältniſs, nach welchem man beide zugleich und geradezu bis ins Unendliche vergröſsern kann, ohne für die Verstärkung der Wirkung eine Grenze zu finden. Dieser letzte Schluſs scheint mir jedoch so wenig durch die vorhandenen Erfahrungen, als durch das Räsonnement sich rechtfertigen zu lassen. Allerdings giebt es für die Zunahme der Spannung, so weit die Versuche gehen, und die Theorie uns hierin leiten kann, keine Grenze in der Zahl der Schichtungen; sobald aber die Spannung einen Grad erreicht haben würde, daſs der Widerstand der Luft die E. nicht mehr zurückhalten kann, so würde sich die Säule in dem Falle einer bis zur Sättigung geladenen Leidner Flasche befinden, und man würde durch Zulagen neuer Schichten nichts mehr gewinnen, weil das, um was die Spannung zunehmen würde, sich durch Ausströmen in demselben Augenblicke auch wieder verlieren müſste. Aber auch davon abgesehen, kann man doch nicht behaupten, daſs man auch durch Vermehrung der Zahl der Schichtungen ins Unendliche hat Verstärkung erhalten können, wenn man nur immer auch die Oberfläche in dem angemessenen Verhältnisse ver-

grösserte. Zwar ist es keinem Zweifel unterworfen, dafs in der Theorie kein Grund liegt, eine Grenze der Verstärkung der Action in der Ausdehnung der Oberfläche anzunehmen, weil diese Vergröfserung im Grunde identisch ist mit einer numerischen Addition einzelner Säulen, wenn man von einer Säule von irgend einer bestimmten Oberfläche der Plattenpaare z. B. von einem Quadratzolle ausgeht, indem dann eine Säule von 8 Quadratzollen vollkommen das Aequivalent von 8 solchen Säulen u. s. f. seyn würde, da es keinen Widerspruch leidet, dafs die Action von 8 solchen Säulen achtmal so grofs seyn mufs, als von einer einzelnen bei stets gleicher Anzahl von Plattenpaaren; ganz anders ist aber der Fall bei der Ausdehnung der Säulen in der Längendimension, wo allerdings die Leitung im Verhältnisse der Anzahl der Schichtungen so abnehmen kann, dafs das, was durch Zunahme an Spannung für die Beförderung des el. Stromes gewonnen wird, mehr als verloren geht, durch die mit dem neuen Plattenpaare vermehrte Retardation dieser Leitung, woraus sich von selbst ergiebt, dafs bei fortdauernder Vergröfserung in der Breitendimension irgend eine weitere Vermehrung in der Anzahl der Schichtungen immerfort in einem entgegengesetzten Sinne wirken könnte. Endlich ist hierbei noch zu berücksichtigen, dafs gewisse Wirkungen der Säule, wie namentlich die magnetischen, und vielleicht auch manche chemische, so genau an eine gewisse Intensität oder Spannung der E. gebunden seyn können, dafs bei einer grofsen Verstärkung derselben sie gänzlich wegfallen würden; was wenigstens für die ersteren durch die unter dem Artikel: *Elektromagnetismus* angeführten Erfahrungen als wirkliche Thatsache sich bereits ergeben hat.

B. Theorie des verstärkten Galvanismus oder der vielfachen Kette.

98. Die Theorie des verstärkten Galvanismus hat nachzuweisen: a. wie durch die bestimmte Construction der Säule, d. h. durch Aneinanderreihung mehrerer einfacher Ketten an einander nach einem für alle Volta'sche Apparate gleichförmigen Schema, die Action der einfachen Kette in dem Grade verstärkt werden mufs, wie die Säule sie in ihren Wirkungen verglichen mit denen der einfachen Kette zeigt; b. aus dem für die Verviel-

fachung im Allgemeinen aufgestellten Principe zugleich den Einfluſs der verschiedenen Momente, die bei der Säule in Betracht kommen, und mit deren Abänderung jene Wirkungen sich dem Grade und der Art nach abändern, begreiflich zu machen. Man übersieht leicht, daſs die verschiedenen Ansichten von der Art des Vorgangs in der einfachen Kette oder von dem Wesen der einfachen galvanischen Action nothwendig auch den Theorien des verstärkten Galvanismus eine verschiedene Gestalt geben müssen, doch lieſse sich bei aller Uebereinstimmung in der Theorie der einfachen Kette noch eine Verschiedenheit des Princips der Vervielfachung denken, wie es auch wirklich der Fall gewesen ist. Indem ich aber die verschiedenen Theorien des verstärkten Galvanismus in der Kürze vortrage, werde ich zugleich Gelegenheit haben, noch diejenigen Thatsachen nachzutragen, die auf eine mehr specielle Weise als Beweise für oder wider angeführt worden sind, und nach dieser Prüfung durch das Zusammenhalten mit den vollkommen ausgemachten Datis der Erfahrung wird man am besten im Stande seyn, zwischen denselben zu entscheiden, und das Gewisse von dem noch Zweifelhaften und Problematischen zu sichten.

99. Volta glaubte eine genügende Erklärung der verstärkten Wirkung der Säule durch eine bloſse Addition oder Summirung der el. Erregungskraft zweier Körper in der Berührung mit einander, oder der Impulsionen, welche von zwei solchen Körpern der eine auf den andern ausübt, gefunden zu haben, eine Addition, welche dadurch möglich wird, daſs die Erreger des Galvanismus in wenigstens zwei Classen zerfallen, trockene und feuchte Erreger: wovon zwar jene unter sich eine groſse gemeinschaftliche in Nr. 19 und 23 näher charakterisirte Spannungsreihe mit einander bilden, die letzteren aber einem andern Spannungsgesetze mit jenen folgen, als die trockenen Erreger unter sich selbst beobachten. Werden je zwei Erreger der ersten Classe in gleichbleibender Ordnung über einander geschichtet, so kann, wie groſs die Zahl dieser Paare auch seyn mag, nie eine gröſsere Wirkung als von einem einzelnen Paare entstehen, weil die Impulsionen sich wechselseitig immer wieder aufheben, und die ganze Reihe hiedurch das Gleichgewicht gegen einander halten. Schichtet man z. B. zwei Plattenpaare K Z; K′ Z′ über einander, so wird man nur die Wirkung des einen Plattenpaares in Anhäufung der E. in dem obersten Zinke

haben, weil die Wirkung des K, von unten her durch Zink die E. anzutreiben, und bis zu einem gewissen Grade von Spannung in der Richtung von unten nach oben anzuhäufen, durch die Wirkung des zweiten K′ aufgehoben oder balancirt wird, und also bloſs die einfache Wirkung des K′ auf das zweite Z′ übrig bleibt. Dieses Räsonnement gilt auf gleiche Weise, wie groſs auch die Anzahl der aufeinanderfolgenden Plattenpaare seyn mag, indem für jedes neue Paar die schon über einander geschichteten immer nur den Werth von KZ haben. Würde man eine solche Reihe mit einer Kupferplatte endigen, so, daſs also die Metalle an beiden Enden von gleicher Beschaffenheit sind, so würde man gar keine Wirkung haben, weil für diese oberste Platte alle unter ihr befindliche Plattenpaare abermals nur die Wirkung eines einzelnen Plattenpaares haben, die durch seine gleiche Entgegenwirkung aufgehoben werden muſs. Bringt man aber zwischen diese beiden Plattenpaare KZ; K′ Z′ einen feuchten Zwischenleiter, z. B. eine mit Brunnenwasser befeuchtete Tuch- oder Pappscheibe, so verändert sich sogleich alles. Da nämlich zwischen dem Wasser und dem Zinke, so wie dem Kupfer nur eine höchst schwache el. Erregung solcher Art oder nur eine höchst schwache Impulsion der E. von dem einen zum andern statt findet, so tritt von der Flüssigkeit gegen die el. Impulsion des K auf das Z nur eine höchst schwache Entgegenwirkung ein, die Pappscheibe läſst diese Impulsion von unten nach oben nur mit dem kleinen Unterschiede, den ihre eigene galvanische Wechselwirkung hervorbringt, und der entweder in einer kleinen Schwächung, wenn die Impulsion von der Flüssigkeit gegen das Zink statt findet, oder auch in einem Zusatze besteht, wenn umgekehrt die el. Impulsion von dem Zinke gegen die Flüssigkeit ausgeübt wird, durch sich durch, trägt sie auf das K′ über, dessen schwache Wirkung auf die Flüssigkeit immer auch nur einen solchen kleinen Unterschied von einem positiven oder negativen Werthe veranlassen kann; hierzu addirt sich nun die Wirkung, die das K′ schon für sich auf das Z ausübt, womit sich dann eine verstärkte Anhäufung der E., ein verstärkter Drang, der in den Z′ durch diese verdoppelte Impulsion gespannten E., sich nach auſsen ins Gleichgewicht zu setzen, ergiebt. Diese Verstärkung muſs gleichmäſsig mit jedem neuen Plattenpaare, vorausgesetzt, daſs die zwei auf einander folgenden allezeit durch einen feuchten Zwischenleiter ge-

schieden sind, in arithmetischer Progression mit der Zahl der Plattenpaare zunehmen, weil jedes neue Paar nur dieselbe Wirkung hinzubringt.

Da die feuchten Leiter, von welcher Art sie auch seyn mögen, nicht zu einerlei Spannungsreihe mit den trockenen Erregern gehören, so wird, welches Paar von trockenen Erregern und welchen feuchten Leiter man auch nehmen mag, aus der Ausgleichung der auf einander folgenden a b f a stets ein Uebergewicht der Impulsionen nach der einen oder andern Seite erfolgen, welches durch die Fortsetzung der Schichtungen in derselben Ordnung eine Addition zuläſst.

Man sieht von selbst, daſs in jeder solchen dreigliedrigen Säule das eigentliche Element der Säule durch die Ordnung bestimmt wird, in welcher die drei Körper, die in der Säule mit einander combinirt sind, durch ihre Wirkung auf einander die Anhäufung und den Drang der E. in der einen oder der andern Richtung bestimmen. So ist in der Zinkkupfersäule das wahre Element der Säule KZf und nicht KfZ, weil die Vervielfachung durch die Aneinanderreihung und Uebereinanderschichtung von KZf und nicht von KfZ erfolgt, und die kleinste Säule, die auf diese Art errichtet werden kann, wird durch das Schema KZfK′Z′ dargestellt, während die Uebereinanderschichtung KfZK′f′Z′ nur noch das Aequivalent einer einfachen Kette ist. Nach dem ersten Schema hat man in der That die Verdoppelung der el. Erregung, die vorzugsweise und so gut wie ausschlieſslich durch die Metalle in ihrer unmittelbaren Berührung mit einander begründet, und unmittelbar durch den Condensator nachzuweisen ist, während die nach dem zweiten Schema construirte kleinste Säule den Condensator mit der bloſsen Spannung eines einzigen Plattenpaares ladet.

Die Lage der Pole der Säule wird eben darum auch durch die respective Lage der Metalle, die sich unmittelbar berühren, bestimmt. In der ersten Zeit nach der Erfindung der Säule, in welcher man sie gewöhnlich nach dem Schema KfZ — — — — KfZ errichtete, indem man mit dem einen Metalle anfing und mit dem andern schloſs, wurden die Pole ganz uneigentlich nach der Beschaffenheit dieser beiden Endplatten, also im vorliegenden Falle der untere der Kupfer- (Silber, sofern man im Anfange sich gewöhnlich noch silberner Münzen bediente) der obere der Zinkpol benannt, da vielmehr der wahre Zinkpol

(+ Pol) in einer so construirten Säule nach unten, der wahre Kupfer- (Silber-) Pol nach oben gelegen ist, und die beiden Endplatten an und für sich nichts zur Verstärkung der Säule beitragen, sondern nur die Rolle von Leitern verrichten. Reinhold [1] führte aber damals schon streng den Beweis durch Induction, dafs die Pole nach dem Schema K Z f bestimmt werden müssen, indem sowohl offene als geschlossene Ketten sowohl in Hervorbringung des chemischen Processes (Oxydation) als in Reizung von Froschpräparaten sich nur dann thätig zeigten, wenn die beiden Metalle sich unmittelbar berührten, auch führte er die Kette aus einem Metalle und zwei Flüssigkeiten f M F auf die Ketten aus zwei Metallen und einer Flüssigkeit zurück, indem er zeigte, dafs das eine Metall eigentlich in zwei zerfalle, indem es mit der der einen Flüssigkeit zugekehrten Fläche sich positiv, mit der andern negativ verhalte, so dafs das wahre Schema dieser Kette gleichfalls sey: f m M F.

Alle Gesetze der el. Aeufserungen der Säule, sowohl der offenen isolirten, als auch der einseitig abgeleiteten, endlich der partiell und total geschlossenen ergeben sich eben so einfach aus dem Principe der Verstärkung combinirt mit dem Principe, dafs die Kraft eines einzelnen Paares von Erregern die el. Vertheilung durch Impulsion der E. von dem positiven zum negativen Erreger nur bis zu einem bestimmten Spannungsunterschiede hervorzubringen vermag. Setzen wir den Spannungsunterschied zwischen Kupfer und Zink $= 1$, so ist begreiflich die Grenze der Vertheilung der E. in dem einzelnen isolirten Plattenpaare $+\frac{1}{2}$ Z $-\frac{1}{2}$ K. Wird eine zweite Kupferplatte, die durch einen feuchten Zwischenleiter von der ersten Zinkplatte geschieden ist, aufgelegt, so bringen die beiden Gesetze, das der Mittheilung der E. des Zinks durch Hülfe des feuchten Leiters an das zweite Kupfer, welches auf Setzung gleicher el. Spannung in ihnen hinwirkt, und das auf die ununterbrochene Unterhaltung des ursprünglichen Spannungsunterschiedes zwischen Z und K $= 1$ hinwirkende Gesetz eine neue Vertheilung des natürlichen Antheils der E. in diesen beiden Platten hervor, und diesen beiden Gesetzen ist nur Genüge geleistet, wenn die Folge der Spannungen $-\frac{2}{3}$ K $+\frac{1}{3}$ Z $+\frac{1}{3}$ K′ ist; eine zweite Zinkplatte mufs nothwendig abermals die Spannungen ändern, wel-

1 G. X. 301.

che, um jenen beiden Gesetzen zu genügen, die Werthe von — 1 K 0 Z 0 K + 1 Z annehmen müssen. Immer wird, da die Anhäufung der E. nach der einen Seite nur auf Unkosten des natürlichen Antheils der E. = 0 geschieht, der Mangel nach der andern Seite hin, oder das — mit dem + sich wieder vollkommen zu 0 ausgleichen müssen, wenn sie durch irgend einen Vorgang zusammentreffen können, oder sie müssen wenigstens für die Berechnung mit einander 0 geben. So wie die kleinste Säule, die überhaupt existiren kann, jene von zwei Plattenpaaren, sich in zwei Hälften mit gleichen entgegengesetzten Polen an den beiden Enden theilen läfst, so mufs dieses für jede solche noch so ausgedehnte Säule auf gleiche Weise gelten, und die el. Spannungen von beiden Enden aus, müssen sich so verhalten, dafs die Elektricitäten der durch den feuchten Leiter geschiedenen Platten einander gleich (vermöge des Gesetzes der Mittheilung) die Spannungsunterschiede zweier an einander grenzender Platten = 1 vermöge des Gesetzes der galvanischen Erregung zwischen den beiden Elektromotoren und die Unterschiede der Spannungen der auf einander folgenden gleichnamigen Platten von den Polen aus gerechnet gleichfalls = 1 sind vermöge des Gesetzes der Summirung mit von beiden Enden aus abnehmender Spannung bis zum mittleren 0, weil das + und — aus 0 selbst hervorgegangen sind. Aus der Gleichheit der el. Spannungen der beiden Pole, wovon die eine negativ, die andere positiv ist, und aus dem allgemeinen Gesetze, dafs die Spannungen der auf einander folgenden gleichnamigen Platten einen eben so grofsen Unterschied unter einander zeigen, als der Unterschied der Spannungen der einander unmittelbar berührenden heterogenen Metalle ist, folgt nothwendig, dafs bei der ableitenden Berührung des einen oder andern Pols die Spannung des entgegengesetzten auf das Doppelte steigen mufs, indem der ableitend berührte Pol auf 0 herabgesunken ist, die Verhältnisse der Spannungsunterschiede durch die ganze Säule hindurch wegen unverändert fortdauernder Wirkung jener drei Hauptgesetze aber die gleichen bleiben müssen, also auch der Spannungsunterschied zwischen den beiden Polen, ein Spannungsunterschied zwischen 0 und ± 1 aber einem Spannungsunterschiede zwischen einem + und — die einander gleich sind, dann nur an Gröfse gleich bleibt, wenn das + oder — doppelt so grofs geworden ist, als es vorher gewesen war.

Gerade so, wie in der einfachen Kette, streben die el. Gegensätze von den Polen der Säule aus, sich wieder auszugleichen, aber nicht nach dem Innern der Säule, von wo aus diese Vertheilung, die Anhäufung einerseits, und die Entziehung andererseits, bewirkt worden ist, sondern nach aufsen hin. Im Sinne der Theorie einer einzigen Materie, welche Volta annimmt, strebt der Ueberflufs der positiven Seite sich zu ergiefsen, der Mangel sich von aufsen her wieder zu ersetzen, und dieses gemeinschaftliche Streben, verbunden mit der immerfort thätigen elektromotorischen Kraft der Erreger, ist es, was bei der Schliefsung der Säule den fortdauernden el. Strom und alle jene aufserordentlichen Wirkungen, die von der Säule abhängen, gerade so wie in der einfachen Kette, begründet. Dafs trotz der so ausnehmend schwachen el. Spannung doch durch die Volta'sche Säule so aufserordentliche Wirkungen hervorgebracht werden können, worin sie auch die mächtigsten Elektrisirmaschinen übertrifft, davon liegt der Grund in der aufserordentlichen Quantität von E., welche die Säule mittheilt, und eben in dieser aufserordentlichen Quantität, welche aus diesem gleichsam unerschöpflichen Quell sich ergiefst, aber eine E., die immer nur mit höchst schwacher Spannung auftritt, liegt der Grund der so ganz eigenthümlichen Wirkung derselben, die sich zum Theil so auffallend von denen einer mit grofser Spannung begabten E. der zu einem hohen Grade von Spannung geladenen Conductoren unserer Maschinen und der Leidner Flaschen unterscheiden. In dieser Hinsicht läfst sich die Volta'sche Säule am besten mit einer Batterie von aufserordentlich grofser Capacität vergleichen, die zu einer eben so schwachen Spannung geladen ist, wie die Säule selbst, und deren Wirkungen gleichfalls mehr von der Quantität der enthaltenen E. als von der Spannung abhängen. Der wesentliche Unterschied zwischen beiden liegt nur darin, dafs die Batterie einmal entladen, sich nicht wieder laden kann, während die Säule in sich das Vermögen hat, sich immer wieder von neuem zu laden und fortdauernd zu entladen. Diese Quantität rührt aber nicht etwa von einer in der Säule auf ähnliche Weise, wie in einer solchen Batterie, vorher gebunden gewesenen, latenten E. her, die im Augenblicke der Entladung erst in Freiheit gesetzt wird, sondern von einer fortdauernden Entbindung und Freimachung aus dem 0 durch die fortdauernd auf Unterhaltung und Wieder-

herstellung freier Spannung hinwirkende elektromotorische Kraft der Erreger, und davon abhängigem fortdauernden Zuströmen und eben so gleichzeitigem Ausströmen aus dem positiven Pole und Einströmen in den negativen. Da alle jene merkwürdigen Wirkungen der Säule davon abhängen, dafs eine Zuleitung vom positiven nach dem negativen Pole statt findet, so ersetzt sich nach Volta die Säule gleichsam aus sich selbst, indem die immer wieder zur Säule zurückkehrende E. unaufhörlich wieder von neuem verwendet werden kann. Aber eben darum hängen die Wirkungen der Säule so wesentlich von den Bedingungen der Leitung in ihr selbst ab, und auf bloſse Modificationen des Leitungsvermögens sucht Volta vorzüglich den Einfluſs aller jener Momente, deren Verschiedenheiten Abänderungen in der Wirksamkeit der Säule zur Folge haben, zurückzuführen; so daſs, je gröſser das jedesmalige Quantum von Leitung in dem ganzen Kreise ist, das durch die Säule selbst und den schlieſsenden Bogen zusammen genommen gegeben ist, um so gröſser auch die Wirksamkeit der Säule ausfallen müsse.

So erklärt Volta namentlich die Verstärkung der Wirkung durch solche Flüssigkeiten als Zwischenleiter, welche als bessere Leiter der E. bekannt sind, wie namentlich Salmiakauflösung, verdünnte Säuren, vorzüglich auch den Einfluſs der Vergröſserung der Berührungsfläche der flüssigen Leiter mit den Elektromotoren, namentlich auf Verstärkung der physischen Wirkungen vorzugsweise von den physiologischen und chemischen. Unter dem Artikel: *Leiter*, wird nachgewiesen werden, daſs die Flüssigkeiten, auch die am besten leitenden, doch einige hunderttausendmal schlechter leiten, als die Metalle, daſs aber ihr Leitungsvermögen zugleich mit der Ausdehnung ihrer Oberfläche und mit der Verkürzung der Länge der Schichten, durch welche die durch irgend einen Proceſs in Bewegung gesetzte E. durchströmen soll, zunimmt. Mit der Vergröſserung der Platten und der damit gleichlaufenden Zunahme der Berührungsfläche des feuchten Zwischenleiters mit denselben muſs also nothwendig die Menge der E, die durch die Säule hindurchgetrieben wird, zunehmen, und in dem Verhältnisse dem Schlieſsungsdrahte, welcher beide Pole mit einander verbindet, in gröſserer Menge zugeführt werden können, und bei dem so auſserordentlich viel gröſseren Leitungsvermögen der Metalle als der Flüssigkeiten, wird die Zunahme der von der Quantität der

durchströmenden E. abhängigen Wärmeerzeugung, so wie der Lebhaftigkeit des Verbrennens der Drähte und die Gröſse sowohl der Verbrennungsfunken als der eigentlich el. Funken nicht eher ihre Gränze haben, als bis die Durchschnitte der feuchten Pappscheiben und der Drähte im umgekehrten Verhältnisse ihres Leitungsvermögens für E. stehen. Daher auch die Erhöhung der Wirkung der groſsplattigen Apparate im Drahtschmelzen u. s. w. durch Anwendung gut leitender Flüssigkeiten, da auch die feinsten Drähte verhältniſsmäſsig immer noch gut genug leiten, um die schneller zugeführte E., oder was einerlei ist, die gröſsere Quantität derselben aufnehmen, und durch sich durchleiten zu können; aber eben darum können die galvanischen Schläge nicht in gleichem Verhältnisse zunehmen, weil die einzelnen Finger, wenn man mit diesen schlieſst, viel zu schlechte Leiter sind, um das ganze Quantum von E., das bei Anwendung solcher groſsen Platten zugeführt werden konnte, aber nur mit einer so äuſserst geringen Kraft angetrieben wird, aufzunehmen und fortzuleiten. Daher nehmen aber auch bei Säulen aller Art sogleich die Erschütterungen zu, wenn man das Leitungsvermögen der entladenden Organe vergröſsert, indem man die Hände mit gut leitenden Flüssigkeiten befeuchtet, und durch Metallmassen entladet, die man mit einer so groſsen Fläche als möglich umspannt. Es erklärt sich aus demselben Principe der Leitung, warum in einer mit bloſsem Wasser gefüllten Gasröhre das Quantum der Zersetzung nicht in einem gleichen Verhältnisse mit der zunehmenden Gröſse der Platten wächst, warum die Verstärkung auffallender wird, wenn das Leitungsvermögen des Wassers durch Auflösen von Salzen in demselben vermehrt wird, warum die Wirkung so sehr abnimmt mit der Verengerung der Gasentbindungsröhre, mit der Entfernung der Drähte von einander, womit die Länge des Wassercylinders, welcher die E. zu leiten hat, und damit die Retardation zunimmt u. s. f. Was noch insbesondere die galvanischen Schläge betrifft, so hat Volta sehr gut aus einander gesetzt, wie allerdings eine solche groſse Quantität von E., wie die Säule auch in höchst kurzer Zeit sie mitzutheilen vermag, die wahre Ursache davon seyn kann. Es ist nämlich klar, daſs bei jeder Entladung einer Leidner Flasche, einer Batterie, die Erschütterung, die wir jedesmal nur in einem untheilbaren Augenblicke zu erhalten glauben, doch nur die Wirkung eines

successiven, wenn gleich mit außerordentlicher Schnelligkeit erfolgenden Uebergangs der el. Materie ist, weil man doch auf keinen Fall der el. Materie eine unendliche Schnelligkeit in ihrer Bewegung zuschreiben kann, und daſs eben deswegen die verschiedenen Quanta von E. der einfachen Leidner Flasche und einer so vielmal gröſsern Batterie eine verschiedene Zeit zum Uebergange nöthig haben werden. Daſs für uns der Schlag nur momentan zu seyn scheint, rührt offenbar davon her, daſs die schnell auf einander folgenden Impressionen für das Bewuſstseyn zu einer einzigen coalesciren, wie es überhaupt eine Eigenthümlichkeit unsers Empfindungsvermögens ist, daſs ein Eindruck eine endliche Zeit fortdauern muſs, wenn er eine bewuſste Empfindung erzeugen soll. So ist es auch mit der Entladung der Säule. Die Menge von E., welche in jedem einzelnen kleinsten Zeittheilchen übergeht, würde an und für sich ganz unfähig seyn, uns zu afficiren, aber die Einwirkung der ganzen Quantität von E., welche in dem endlichen Zeitraume übergeht, welcher zur Erzeugung einer Empfindung erforderlich ist, flieſst für uns zu einem Totaleindrucke zusammen, der die Erschütterung ausmacht. Diese Erschütterung muſs nothwendig um so heftiger seyn, je vollkommner in Beziehung auf das jedesmalige Vermögen unsers Körpers E. aufzunehmen und fortzuleiten die Zuleitung selbst ist, oder je vollständiger das, was in jedem Augenblicke abgeleitet wird, sich wieder ersetzt; und in dieser Hinsicht kann man allerdings behaupten, daſs wir noch keine Batterie gefunden haben, die nur bis zu demselben schwachen Grade von Spannung, wie die mit ihr verglichene Säule geladen, eine eben so starke Erschütterung ertheilt hätte, als selbst nur eine mit Kochsalzauflösung geschichtete Säule von 50 Z K von 2 Quadratzollen Oberfläche, zum Beweise, daſs schon eine solche Säule in gleicher Zeit mehr E. mittheilt, als eine solche Batterie. Daſs der galv. Schlag indeſs, wie jeder andere el. Schlag, doch nur gleichsam momentan erscheint, und wir, ohngeachtet des fortdauernden Einströmens, wie diese Theorie annimmt, doch keine fortdauernde Erschütterung empfinden, rührt theils daher, daſs im Augenblicke der Entladung die E., eben weil sie eine gewisse Spannung hat, mit einer gröſsern Intensität wirkt, als im nachfolgenden Augenblicke, und so einigermaſsen mehr und mehr abnehmend, und nur die Einwirkung einer mit einer gewissen, wenn auch sehr schwa-

chen Intensität wirkenden E. durch das Zusammenfließsen der schnell auf einander folgenden, einzeln gleichsam verschwindenden Eindrücke zu einem Totaleindrucke eine Erschütterung zu geben vermag, theils daher, daſs die jedesmalige Empfänglichkeit für die Apperception des Schlags durch diesen gleichsam selbst erschöpft wird; bald aber folgt dann die Empfindung des mehr gleichförmigen, mit geringer Intensität wirkenden Stromes, dessen Thätigkeit sich in den im Nr. 94. näher erzählten Erscheinungen so deutlich zu erkennen giebt. Daſs übrigens der Strom von den kleinblattigen Säulen, wie Biot früher angenommen hatte [1], mit gröſserer Geschwindigkeit begabt sey, als der von groſsen Platten, weil die kleinen Platten gleichsam schon mehr wie Spitzen wirken, und die E. leichter hergeben, die groſsen dagegen dieselbe nur mit Schwierigkeit, dieses widerspricht allen bekannten Gesetzen der Mittheilung der E., da bei ebenen Flächen die Gröſse derselben hierin keinen Unterschied macht, sondern dieser nur für gekrümmte eintritt, die allerdings um so leichter mittheilen, je kleiner der Radius ihrer Krümmung ist, und je mehr sie von den ebenen, die gleichsam einem unendlich groſsen Radius angehören, abweichen. Es ist auch ganz gegen die Erfahrung, was damals von Biot behauptet wurde, daſs selbst bei gleich bleibender Anzahl von Schichtungen die Erschütterungen abnehmen, indem die Oberfläche der Metallplatten zunimmt.

100. Diese Theorie Volta's, besonders in Hinsicht auf den Hauptpunct der groſsen Quantität von E., welche die Säule in einer gegebenen Zeit mitzutheilen im Stande ist, und worin sie auch die wirksamsten Elektrisirmaschinen bei weitem übertreffen soll, ist auf eine sehr interessante Weise durch die Versuche über die augenblickliche Ladung von groſsen Batterien bestätigt worden. Diese Versuche wurden zuerst im Groſsen auf Veranlassung Volta's, der sie als einen sichern Probirstein der Richtigkeit seiner Theorie ansah, von van Marum und Pfaff im Teyler'schen Museum angestellt [2] durch Verbindung des innern Belegs einer Batterie, bald mit dem positiven, bald mit dem negativen Pole einer Volta'schen Säule. Während der andere Pol ableitend berührt wurde, konnte eine solche el. Bat-

1 G. X. 27.
2 Ebend. 135.

terie durch eine augenblickliche Berührung zu derselben Spannung, wie die Säule selbst, geladen werden. Da sechs augenblickliche Berührungen des Condensators der kleinen Teyler'schen Maschine [1], welcher während fortdauernder Umdrehung der Maschine vor jeder solchen Berührung mit einem isolirten Zuleiter von der Batterie aus unmittelbar vorher jedesmal mit dem Finger ableitend berührt wurde, um sicher zu seyn, daſs der Batterie nur diejenige E. zugeführt werde, welche während dieser Berührung dem Conductor durch die Umdrehung der Maschine selbst erst ertheilt wurde, nöthig waren, um eine gleiche Batterie von 137½ Quadratfuſs Belegung zu derselben Spannung zu laden, wie eine Zinksilbersäule von 200 Schichten von 1½ Quadratzoll und Pappscheiben mit Salmiakauflösung getränkt, so schlägt van Marum die Menge der E., welche die Säule giebt, 6 mal so groſs an, wie die seiner kleinen Maschinen, und 3 mal so groſs als die der groſsen Teyler'schen Maschine in ihrem früheren Zustande; und, da diese durch die späteren Verbesserungen in ihrer Kraft, Batterien zu laden, auf das fünffache verstärkt worden war, zu ⅗ der Menge, welche letztere giebt. Gegen diese Art der Berechnung läſst sich nur einwenden, daſs jene sogenannten augenblicklichen Berührungen in beiden Fällen doch noch einen sehr verschiedenen Werth haben konnten, den wir nur nach unserm beschränkten Vermögen, die Zeit durch Beobachtung zu theilen, nicht weiter bestimmen können. Auf jeden Fall geben jedoch diese Versuche einen hinlänglichen Beweis von der auſserordentlichen Quantität von E., welche eine Volta'sche Säule mitzutheilen vermag. Diese Versuche wurden von Ritter mit einer noch gröſsern Säule von 600 Plattenpaaren Z K von 1¼ Quadratzoll Berührungsfläche mit dem feuchten Leiter gewöhnlich aus Kochsalzauflösung und Lackmusdecoct und einer el. Batterie von 20 Flaschen, zusammen von 34⅔ Par. Quadratfuſs wiederholt. Die Verbindung geschah entweder bei vollkommen isolirter Säule, indem das eine Beleg mit dem einen Pole durch einen isolirten Leiter verbunden und zwischen dem andern Belege und dem andern Pole durch einen isolirten Leiter oder durch die Hände geschlossen wurde, oder indem bei ableitender Berührung des einen Pols das innere Beleg von dem andern Pole aus geladen wurde. Wenn in dem ersten

1 S. dieses Wörterbuch III. Bd. 1. Abthlg. S. 443.

Falle ein Elektrometer mit den Polen der Säule in Verbindung war, so war im Augenblicke der Schliefsung nicht die geringste, noch so schnell vorübergehende Abnahme der Divergenz des Elektrometers zu bemerken. Wurde durch die Hände die Ladung vermittelt, so empfand man eine Erschütterung (Ladungsschlag), welche, wenn der feuchte Zwischenleiter der Säule ein guter Leiter, wie Salmiakkochsalzauflösung u. d. gl. war, stets an Heftigkeit den Schlag von der nachherigen Entladung der el. Batterie mit denselben befeuchteten Händen übertraf. War der Zwischenleiter dagegen ein schlechter Leiter, wie Brunnenwasser, oder hatte die Säule schon einige Tage gestanden, so war vielmehr der Entladungsschlag stärker. Wurde die Ladung durch einen Draht vermittelt, so zeigten sich schwache knacksende Ladungsfunken von 4 — 5 L. Durchmesser, die, wenn die Batterie schon einige Tage gestanden hatte, immer kleiner und kleiner wurden und endlich ganz verschwanden, während bei der Anwendung eines gleichen Eisendrahts zur Entladung der el. Batterie der dabei entstehende Funken, wenn nur die Volta'sche Säule noch ihre ursprüngliche Spannung gehabt hatte, die sie bekanntlich mehrere Tage hindurch unverändert beibehalten kann, sich immer von gleicher Gröfse zeigte und zwar von 14 bis 15 Lin. Durchmesser, stark knackend, roth, sonnenähnlich, mit einem blauen Kern in der Mitte, gerade wie die Funken, welche sich bei der Entladung starker Volta'scher Säulen zeigen. Ritter machte dabei die artige Bemerkung, dafs wenn er schnell nach einander die Batterie auf die oben angegebene Weise durch zwei isolirte Drähte lud, und nach aufgehobener Verbindung mit der el. Säule wieder entlud, so dafs der ganze Act zusammen nur $\frac{1}{2}$ Secunde dauerte, der Entladungsfunken der el. Batterie immer gröfser wurde, so dafs er von einem Durchmesser von $1\frac{1}{4}$ Z. übergehen konnte, bis zu einem von $1\frac{1}{2}$ Z. ja 2 Z. Andererseits fand er, dafs, wenn die el. Batterie wiederholt diesem Verfahren ausgesetzt gewesen war, d. h. dieselben Belegungen eine Zeit lang wiederholt mit denselben Polen der Batterie verbunden gewesen waren, und dann schnell die Belegungen in Hinsicht auf die Pole der Batterie umgewechselt wurden, und man den Versuch fortsetzte, bei der Entladung die Batterie im Anfange fast gar keinen Schlag oder Funken gab, sie dann erst nach einer kurzen Zeit und dann schnell immer stärker zeigte, bis endlich beide der anfänglichen vor aller Ver-

wechslung wieder gleich kamen. Ohne Zweifel ist der Grund dieser Erscheinung in jenem, im Artikel *Flasche, el.* näher erwogenen Rückstände zu suchen, der bei der ersten Reihe von Versuchen allmälig zugenommen hatte, und bei der Verwechslung der Pole im Anfange in einem entgegengesetzten Sinne der Ladung wirkte. Auch in Ritter's Versuche erfolgte die volle Ladung der Batterie immer durch eine augenblickliche Schliefsung, und sie wurde nicht stärker, die Schliefsungsverbindung zwischen der Säule und der Batterie mochte noch so lange dauern. Die Stärke der Ladung der Batterie nach dem Schlage, den sie ertheilte, und den Entladungsfunken geschätzt, war ganz dieselbe, wenn der eine Pol der Säule durch Ableitung auf 0 gebracht war, und die Batterie von dem andern Pole aus geladen wurde, als wenn die Ladung auf die erste Weise geschah. Zwar war in diesem Falle die Spannung der Batterie noch einmal so grofs, gerade so wie die Spannung der Säule am respectiven Pole, wie im ersten Falle; aber der Spannungsunterschied zwischen den beiden Belegen der Batterie war derselbe geblieben, da er in diesem Falle zwischen $\pm$ und 0, in dem erstern zwischen den beiden el. Gegensätzen von gleicher Intensität statt fand. So liefs sich dann auch die Batterie auf gleiche Weise und zu gleicher Stärke durch Volta'sche Säulen laden, deren beide Pole gleichnamig positiv oder negativ waren (Nr. 70), auch hier, wo beide Belege der el. Batterie gleichfalls gleichnamig el. waren, war die jedesmalige Wirkung in Funken, Schlägen, Gröfse der Funken dem Spannungsunterschiede beider Belege gerade proportional. Alles was die el. Batterie von der Volta'schen Säule aus geladen nach ihrer Trennung vor dieser bei der Entladung zeigte, zeigte sich mit der gröfsten Genauigkeit eben so, wenn sie bis zu eben dem Grade von Spannung durch eine gewöhnliche Elektrisirmaschine geladen wurde [1].

Wenn man eine Volta'sche Säule, welche selbst weder Funken giebt, noch den feinsten Stahldraht zu verbrennen vermag, z. B. eine Säule von 40 bis 50 Plattenpaaren von 2 Quadratzoll Oberfläche mit blofsem Wasser als Zwischenleiter, oder eine schon mehrere Tage gestandene von 80 bis 100 Platten mit Kochsalzauflösung auch nur mit einer Batterie von 12 Quadratfufs durch ihre beiden Pole in fortdauernde Verbindung bringt,

1 G. XIII. 1 ff.

so kann man durch die wiederholte Entladung dieser Batterie, indem man mit den feinen Spitzen eines Eisendrahts hin und her fährt, noch deutlich sprühende Funken und Verbrennung des Eisendrahts erhalten [1].

Alle diese Versuche scheinen sich demnach in einem Resultate zu vereinigen, und bestätigen auf eine unwiderlegliche Weise wenigstens diejenige Behauptung der Volta'schen Theorie, dafs die Säule durch eine Mittheilung und einen Uebergang von E. in einer Quantität, wie kein anderes el. Apparat oder irgend eine Quelle von E. in der Dauer sie mitzutheilen vermag, ihre aufserordentlichen Wirkungen hervorbringt.

101. Noch lassen sich für die Theorie Volta's, so weit sie nämlich in der geschlossenen Säule einen solchen fortdauernden el. Strom von dem einen Pole zum andern annimmt, mancherlei Erfahrungen anführen, welche einen ähnlichen Einflufs gewisser Umstände auf die von der Schliefsung der Säule abhängigen Wirkungen ausüben, wie diese Umstände den constatirten Gesetzen des Verhaltens eines el. Stroms in seiner Fortleitung gemäfs ausüben müssen, wenn ein solcher el. Strom auf die von der Theorie angenommene Weise statt findet. Hierher gehören unter andern die Versuche Biot's [2]. Er liefs die beiden Pole einer Säule durch grofse Metallplatten in zwei Wassergefäfse sich endigen, welche selbst unter einander durch eine ausgedehnte Wassersäule, die in einer engen Röhre eingeschlossen war, communicirten. Wurde dann der eine Pol unmittelbar mit der Hand berührt, und die andere Hand in eines von den Gefäfsen getaucht, von welchem aus eine solche Communication nach einem andern Gefäfse statt fand, mit dessen Inhalte der andere Pol durch eine grofse Oberfläche communicirte, so wurde so gut wie gar keine Erschütterung empfunden, während, wenn die Communication oder Fortleitung an der freien Oberfläche des Wassers geschehen konnte, die Wirkung der Säule sich auf mehrere Schuhe ungeschwächt zeigte, ein Verhalten, welches vollkommen mit demjenigen des el. Fluidums überein stimmt, wenn es sich durch Flüssigkeiten hindurch bewegen soll.

1 Volta in G. XIII. 180.
2 G. X. 35.

Dem ersten Anscheine nach scheinen Ehman's und Basse's oben angeführte (Nr. 95.) Versuche der Annahme eines solchen Stromes vielmehr zu widersprechen, denn es läfst sich nicht wohl denken, dafs dieser von dem einen Pole zum andern über Wasserflächen von so grofser Ausdehnung und durch grofse Wassermassen, die gleichsam eine Zerstreuung nach allen Seiten bewirken mufsten, ungeschwächt seinen Weg nehmen könnte, indefs läfst sich hier ganz dieselbe Erklärung anwenden, welche bereits unter dem Artikel: *Flasche, geladene*, von einer ähnlichen Classe von Erscheinungen, die sich auf diese beziehen, gegeben ist, und wodurch alle Schwierigkeit wegfällt, indem das + und — von beiden Polen sich gleichzeitig aus dem ihnen nächsten 0 ausgleichen, und folglich auf jeder Seite in der Gasröhre, dem Froschpräparate, der entladenden Hand, den Metallblattchen, die in den Kreis dieser Ausgleichung eingehen, dieselben Veränderungen hervorgebracht werden müssen, wie wenn sie die nächste und unmittelbare Leitung zwischen den beiden Polen vermittelten. Wenn man in das Wasser einer hölzernen, im Innern mit einem isolirten Ueberzuge versehenen, oder aus Glastafeln verfertigten Wanne von etwa einem Fufs Länge und 2 oder 3 Zoll Breite die Drähte der zwei Pole einer Volta'schen Säule hineinführt, so zeigt ein empfindlicher Multiplicator, den man mit seinen in ganz gleichförmige Platinstreifen ausgehenden Enden in die Flüssigkeit eintaucht, durch die Abweichung der Magnetnadel eine Action, welche zwischen den beiden Polen statt findet und deren gradative Modificationen, durch die Gröfse der Abweichung der Magnetnadel gemessen, am besten mit der Hypothese eines el. Stromes von einem Pole zum andern übereinstimmen. Die Action durch den Multiplicator auf die Magnetnadel ist am stärksten auf der durch beide Pole geführten geraden Linie, und auf dieser Linie nimmt sie zu in dem Verhältnisse, in welchem man von der Mitte aus dem einen oder andern Pole sich nähert. Die Strömung scheint aber durch die ganze Flüssigkeit sich zu verbreiten, und diese Verbreitung oder Zerstreuung scheint um so gröfser zu seyn, je schlechter die Flüssigkeit leitet, gerade so, wie sich die E. stets verhält, wenn sie durch in Beziehung auf ihre jedesmalige Quantität nicht hinlänglich vollkommene Leiter sich fortzupflanzen genöthigt ist, nach einem Gesetze, das dem Blitze eben so gut seine Bahn anweist, und seine oft so weite Ausdehnung und

gleichsam Zersplitterung bestimmt, wie der mit so schwacher Spannung angetriebenen galvanischen E.[1].

Zamboni[2] hat auch auf dieses Verhalten der E. bei ihrem Durchgange durch vollkommene Leiter sich auszubreiten und gleichsam in viele Fäden zu zertheilen, eine Erklärung der zweigliedrigen Säule (Nr. 78.) im Sinne der Volta'schen Theorie gebauet. Aus den beiden mit dem Wasser in Berührung befindlichen Oberflächen des Metalls, welches, wie Zink, Zinn u. s. w., mit dem Wasser — el. ist, streben in dem Wasser eines jeden der Gläser zwei el. Ströme nach entgegengesetzten Seiten zu entstehen. Beide müssen sich aus dem eben angeführten Grunde ausbreiten, und zwar in eine große Menge Fäden, welche außer dem geraden noch seitwärts liegende Wege einschlagen. Berührte das Wasser dieselbe Anzahl von metallischen Puncten in beiden Gefäßen, so würden die Ströme aus derselben Anzahl von el. Fäden zusammengesetzt seyn, und diese sich einander auf dem Wege begegnen und den Durchgang wechselseitig versperren, weſswegen keine el. Spannung und Antreibung der E. in der einen Richtung statt finden könnte. Nun ist aber die nothwendige Bedingung der zweigliedrigen Säule die geometrische Ungleichheit der beiden Berührungsflächen. Die Vierecke der Metallblättchen in den oben beschriebenen Apparaten berühren das Wasser in weit mehreren Puncten als der Schwanz derselben, es wird daher auch die Anzahl der el. Fäden, welche den vom viereckigen Metallblättchen herkommenden Strom zusammensetzen, viel größer als der andere seyn, und ein Theil dieser Fäden schon hinreichen, dem ganzen vom Schwanze des Blättchens herkommenden Strome den Weg zu versperren, alle el. Fäden, welche vom Viereck gleichsam ungehindert in ihrer Bewegung noch übrig bleiben, gelangen an die Spitze des demselben gegenüber stehenden Schwanzes, und werden so in das viereckige Metallblättchen des nächst stehenden Glases übergeführt. Dieser Ueberschuſs addirt sich demnach zu der überwiegenden elektromotorischen Wirkung, welche dieses viereckige Blättchen von seiner Seite in derselben Richtung ausübt, und so von Glas zu Glas, worin eben die Säulenwirkung besteht. Enthalten die Gläser eine gut leitende

1 Vgl. de la Rive in Ann. de Chemie T. XXVIII. p. 213.
2 G. LXX. 170. ff.

Flüssigkeit, wie z. B. Kochsalz- oder Salmiakauflösung, so braucht der el. Strom in ihr sich nicht zu erweitern und in Fäden zu spalten, um einen Durchgang durch die Flüssigkeit zu finden, vielmehr wird er auf dem kürzesten und gedrängtesten Wege fortschreiten. Beide el. Ströme von dem Vierecke und dem Schwanze sind dann nicht mehr eine Anhäufung von so viel el. Fäden, als es Puncte in den Vierecken und in dem Schwanze giebt, sondern sie sind ein einziger sehr feiner Faden von hinter einander liegenden Molecülen, die von einem einzigen Puncte des Vierecks, so wie des Schwanzes herkommen, und zwar von demjenigen, welcher sich am Anfange des eingeschlagenen kürzesten Weges befindet. Und da nun auf diesem Wege beide Fäden mit gleichen entgegengesetzten Kräften, wegen der ganz gleichen el. Spannung auf beiden Seiten, auf welche nach allen Erfahrungen die Oberfläche als solche keinen Einfluſs hat, auf einander stoſsen, so erlöscht alle ihre Bewegung. Man sieht auch, daſs, wenn das Leitungsvermögen der Flüssigkeit in der Mitte zwischen diesen beiden Extremen liegt, die Geschwindigkeit der Ladung der Pole zwar zunehmen, aber auch die Stärke ihrer Spannung abnehmen muſs. Ist endlich die Flüssigkeit ein gar zu schlechter Leiter, so bewegt sich, da ohnedem die elektromotorische Kraft nur eine schwache ist, das el. Fluidum zu langsam von Platte zu Platte, und gewinnt Zeit durch irgend einen nicht vollkommen isolirenden Theil des Apparats in den Erdboden sich zu verlieren, bevor es sich hinlänglich angehäuft hat, um eine el. Spannung hervorzubringen. So fand dann auch Zamboni bei Anwendung einer gewissen Sorte Stanniol gar keine Spannung seiner zweigliedrigen Säule mit bloſsem destillirtem Wasser, die aber sogleich zum Vorschein kam, als etwas Salz in dem Wasser aufgelöst wurde. Schwieriger wird diese, gleichsam mechanische Erklärung für den Fall, wenn das angewandte Metall, wie z. B. Kupfer, mit dem Wasser positiv el. wird, und der positive Pol nach der Schwanzseite desselben hinfällt, während bei der Annahme zweier el. Ströme, eines positiven und negativen, diese Schwierigkeit wegfällt. Ohne diese Erklärung in jedem einzelnen Satze anzunehmen, kann man zugeben, daſs eine gröſsere Quantität (= Masse) von E. mit derselben Geschwindigkeit in Bewegung gesetzt, wie eine kleinere Quantität, in der Bewegung das Uebergewicht haben, daſs aber dieses Uebergewicht abnehmen

mufs in dem Verhältnisse, in welchem derjenige Factor, der auf beiden Seiten der gleiche bleibt, nämlich die Geschwindigkeit, welche offenbar mit der Güte der Leitung zunehmen mufs, wächst, wobei vielleicht noch der Umstand mit beitragen kann, dafs bei einer besser leitenden Flüssigkeit die Ketten, welche schon ein trockener Erreger allein mit einer einzelnen Flüssigkeit zu bilden im Stande ist, nach Nr. 40. das Uebergewicht bekommen, und sich darum die Wirkung von Glied zu Glied weniger fortpflanzen kann.

102. So genügend nach dem bisherigen nun auch die Volta'sche Theorie von den wichtigsten Erscheinungen, welche die Säule darbietet, Rechenschaft giebt, so bieten doch einige Erfahrungen bedeutende Schwierigkeiten dar, die auch von den Gegnern derselben urgirt worden sind:

1. Die erste besteht in dem Einflusse, welchen Metalle ausüben, wenn sie in den Kreis der geschlossenen Säule zwischen die flüssigen Leiter interpolirt werden und die Continuität desselben unterbrechen. Schon in der Theorie der einfachen Kette ist von dieser Schwierigkeit die Rede gewesen, in der Sphäre der Erscheinungen der Säule bot sie sich abermals auf eine noch auffallendere Weise dar [1]. Ueber den Einflufs der Metalle, wenn sie die Continuität des die beiden Pole mit einander vereinigenden flüssigen Leiters unterbrechen, hat de la Rive neuerlich einige interessante Beobachtungen gemacht, die ihn zu einer Modification der Volta'schen Säule geführt haben, und die hier am besten ihren Platz finden. Um diesen Einflufs genau zu bestimmen, bediente er sich eines gläsernen Trogs einen Fufs lang und zwei Zoll breit, welchen er in verschiedene Abtheilungen durch Platinbleche theilte, welche Abtheilungen mit der Flüssigkeit gefüllt wurden, die die Leitung zwischen den beiden Polen, welche durch Platindrähte in sie eingriffen, vermitteln sollte. Als Mafsstab für die Energie des el. Stromes (dessen Realität von de la Rive hier in Uebereinstimmung fast mit allen Physikern vorausgesetzt wird) diente ihm ein Multiplicator mit einer Magnetnadel, dessen Platinenden in die Flüssigkeit eintauchten, welcher jedesmal einen Theil des el. Stromes durch sich durchleitete, dessen Intensität begreiflich im Verhältnisse der Intensität des el. Stromes selbst, von dem er ein Theil war, stehen

1 Vrgl. oben Nr. 90.

mufste, und der folglich den Grad dieser Intensität durch die Gröfse der Abweichung der Magnetnadel anzeigen mufste. Der galvanische Apparat, dessen er sich bediente, war ein Zellenapparat von 60 Doppelplatten, jede 16 Quadratzoll Oberfläche haltend, und die Zellen wurden mit einer Auflösung von Kochsalz gefüllt, welcher etwas Salpetersäure oder Salzsäure beigemischt war. Die Resultate seiner Versuche waren folgende:

a. Eine oder mehrere Metallscheiben senkrecht auf die Linie, welche von dem einen Pole zum andern durch die Flüssigkeit führte, in diesen Trog eingesenkt, und die Continuität der Flüssigkeit so unterbrechend, dafs der el. Strom gezwungen war, durch diese Metallbleche hindurch zu gehen, verminderten die Intensität des Stromes. b. Diese Verminderung ist beinahe null, wenn der Strom, welcher diese Scheiben zu durchbrechen hat, sehr energisch ist, und von einer Säule herrührt, die aus einer grofsen Anzahl von Platten zusammengesetzt ist; die Intensität des Stromes nimmt aber in einem um so schnelleren Verhältnisse beim Durchgange durch dieselbe Anzahl von Platten ab, je schwächer die ursprüngliche Intensität des Stromes ist, und daher bedarf es eines sehr energischen Stromes, um an jedem Pole das gleiche Quantum von Gas zu erhalten, gleich viel, ob die Flüssigkeit ein Continuum bildet, oder durch eine oder mehrere Metallplatten unterbrochen ist. c. Von zwei el. Strömen, welche dieselbe Intensität haben, der eine ursprünglich, der andere, nachdem er durch eine oder mehrere Metallscheiben durchgegangen ist, wird der erstere weit mehr durch die Dazwischenbrigung einer neuen Metallscheibe geschwächt, als derjenige, welcher schon durch mehrere solche Scheiben durchgegangen ist. Dieses letztere Resultat ist es nun ganz vorzüglich, welches de la Rive zu weiteren Versuchen und sehr sonderbaren Folgerungen daraus geleitet hat.

Die beiden mit einander verglichenen Ströme hatten ihren Ursprung von demselben Volta'schen Apparate, aber der eine hatte eine ursprünglich schwächere Intensität, als der andere, weil man ihn nach einem längeren Zeitraume von dem Anfange der Thätigkeit des Apparats an gerechnet, beobachtete. Zur Verdeutlichung des unter c angegebenen Resultats theilt de la Rive folgende Reihe von Versuchen über die Grade der Abweichung der Magnetnadel nach Mafsgabe der Zahl der interpolirten Platten und der Energie der Säule mit:

	Keine Zwischenplatte.		1 Zwischenplatte.		2 Zwischenplatten.		3 Zwischenplatten.
1. Versuch	— 83°	—	83°	—	82,5	—	82
2. —	— 81	—	78	—	75	—	71
3. —	— 80	—	76	—	72	—	66
4. —	— 79	—	73	—	68	—	65
5. —	— 78	—	73	—	67	—	62
6. —	— 77	—	71	—	64	—	57
7. —	— 76	—	70	—	63	—	56
8. —	— 75	—	67	—	61	—	53
9. —	— 74	—	66	—	60	—	52
10. —	— 73	—	65	—	58	—	50

Man ersieht hieraus, dafs ein Strom, dessen ursprüngliche Intensität durch 83° Abweichung der Nadel bezeichnet ist, nur um einen Grad nach seinem Durchgange durch 3 Platinscheiben, durch welche der flüssige Leiter unterbrochen war, abnahm, während ein Strom von 77° ursprünglicher Intensität nach dem Durchgange durch dieselben 3 Platten auf 57° herabsank, und ein Strom von 73° ursprünglicher Intensität gar auf 50°, und überhaupt in dem Verhältnisse mehr, in welchem er ursprünglich schwächer war; dafs ferner ein Strom auf 78° durch seinen Durchgang durch eine Scheibe geschwächt (2ter Vers.) doch noch eine Abweichung von 75° hervorbrachte nach seinem Durchgange durch eine zweite Scheibe, während ein ursprünglich 78° starker Strom (5ter Vers.) auf 73° durch den Durchgang durch eine erste Platinscheibe herunter gebracht wurde, eben so ein durch den Durchgang durch zwei Scheiben auf 75° geschwächter Strom (2ter Vers.) durch seinen Durchgang durch die dritte Scheibe auf 71° herabsank, während ein ursprünglich 75° starker Strom (8ter Vers.) auf 67° durch die Interpolation der ersten Scheibe herabgebracht wurde.

Die angeführten Resultate gelten indefs nicht auf gleiche Weise, wenn man statt einer gut leitenden salzigen Flüssigkeit eine schlecht leitende, wie z. B. Flufswasser nimmt. Dieser schlechte Leiter äufsert eine ganz gleiche Wirkung auf den Strom bei seinem Durchgange durch eine gewisse Strecke desselben, wie eine Metallscheibe, indem nämlich ein Strom, welcher auf eine gewisse Intensität gebracht war, in Folge davon, dafs er durch eine grofse Strecke Wasser durchgegangen war, nachher

weniger bei seinem Durchgange durch eine oder mehrere Metallscheiben geschwächt wurde, als ein Strom von derselben Intensität, der aber, weil er ursprünglich schwächer war, keinen so langen Weg durch das Wasser gemacht hatte. Es scheint also, wie wenn der Strom in diesem Durchgange durch die langen Strecken Wasser die nämliche Modification erlitten hätte, als wenn er in einem guten flüssigen Leiter durch eine zwischen gebrachte Metallplatte hindurch ging, eine Veränderung, die ihn gleichsam geschickter machte, durch eine zweite, dritte Scheibe u. s. w., die ihm auf seinem Wege begegneten, hindurchzugehen, ohne verhältnifsmäfsig geschwächt zu werden. Auf diese Thatsachen gründet nun de la Rive eine sehr sonderbare Erklärung der verschiedenen Wirkungsart der Säulen von wenigen und vielen Schichtungen. Die ersteren sind vorzüglich geeignet, die Wirkungen hervorzubringen, welche hauptsächlich zum Vorschein kommen, wenn vollkommene Leiter (Metalldrähte) den schliefsenden Bogen bilden, nämlich die Erscheinungen der Wärme (Glühen) und des Magnetismus, die letzteren sind nothwendig, um mit einiger Energie die Erscheinungen hervorzubringen, welche auftreten, wenn der galvanische Kreis durch einen unvollkommenen Leiter geschlossen wird, wie namentlich die chemischen Zersetzungen und Erschütterungen.

Was nämlich das Totalquantum der erzeugten E. betrifft, welches auch die Wirkungen seyen, die man hervorbringen will, so hängt dieses Quantum für dieselbe Säule, der Zahl der Schichtungen und der Beschaffenheit des feuchten Zwischenleiters nach, von der Gröfse der Oberfläche der Platten ab. Einem Strome also, welcher von einer vielblattigen Säule herrührt und der so kräftig auf die schlechten Leiter einwirkt, begegnet ganz genau dasselbe, was in den vorerwähnten Versuchen einem Strome begegnet, welcher durch mehrere Scheiben hindurchgeführt wurde: je mehrere er passirt hatte, um so geschickter wurde er durch neue hindurchzugehen, und folglich auch durch die schlechten flüssigen Leiter, von welchen eben gezeigt ist, dafs sie in dieser Hinsicht die gleiche Beschaffenheit, wie die Metalle besitzen. Ein Strom folglich, der in einer vielplattigen Säule während seines Kreislaufs oft in dem Falle gewesen war, von der Flüssigkeit in eine Metallscheibe überzugehen, wird in Beziehung auf feuchte Leiter mehr Leichtigkeit besitzen, durch sie hindurchzugehen, als ein Strom, welcher

durch eine Säule von wenigen Schichtungen erzeugt wird, wie grofs auch ihre Oberfläche seyn mag. Bietet man aber diesem Strome einen metallischen Leiter dar, der nicht den nämlichen Widerstand entgegengesetzt, so wird er ungeschwächt hindurchgehen und eine grofse Wirkung hervorbringen. Man könnte, sich die Sache noch mehr zu verdeutlichen, in dem el. Strome gleichsam zwei ganz verschiedene Antheile von E. annehmen, wovon der eine ohne Schwierigkeit durch alle Leiter hindurchgeht, sowohl durch die schlechteren feuchten, als durch die vollkommen metallischen, der andere dagegen nur durch die metallischen Leiter. Der Durchgang des Stromes durch eine Säule von vielen Schichtungen trennt gleichsam diese beiden Portionen, indem er diejenige zurückhält, welche für mittelmäfsige Leiter nicht günstig ist, und nur die andere Portion durchläfst. Die durch einen galvanischen Apparat von wenigen Platten erzeugte E. hat dagegen diese Art von Durchsiebung (!) (n'ayant été tamisée) und Scheidung nicht erfahren, und wenn man ihr daher mittelmäfsige Leiter darbietet, so wird sie durch dieselben aufgehalten und nur eine kleine Portion derselben wird durchgehen, die Wirkung auf die feuchten Leiter wird daher schwach seyn, während, wenn man ihr einen guten Leiter darbietet, beide Portionen durchgehen und die Wirkung beträchtlich seyn wird. Die Verstärkung der Wärmeerzeugung und der magnetischen Action durch Füllung der Tröge mit einer Flüssigkeit von starker chemischer Action erklärt sich auch dadurch, indem dieselben Versuche über die Schwächung beim Durchgange des Stroms durch Metallscheiben ihn gelehrt haben, dafs diese Schwächung um so geringer ist, je stärkere Wirkung die leitende Flüssigkeit auf die interpolirte Metallscheibe ausübt. (vergl. Nr. 83.) De la Rive führt noch folgenden Versuch zur Unterstützung seiner Ansicht an. Eine Säule nur von 10 Plattenpaaren, aber von ziemlich beträchtlicher Oberfläche, brachte einen 0,25 Lin. dicken und mehr als 4 Z. langen Messingdraht zum Rothglühen. Der nämliche Strom durch einen guten flüssigen Leiter (eine Salmiakauflösung) hindurchgeführt, brachte eine Abweichung der Magnetnadel von 50° hervor, wurde eine Platinscheibe dazwischen gebracht, so betrug die Abweichung nur noch 5°, während ein durch eine Säule von 60 Paaren hervorgebrachter Strom, der eben so weit geschwächt war, dafs er nur eine Abweichung von 50° bewirkte,

nachdem er durch eine Platinscheibe durchgegangen war, doch noch 40° Abweichung nach dem Durchgange durch eine zweite Platinscheibe hervorbrachte. Da der Strom in dem ersten Falle nur erst 10 Platten passirt hatte, hatte er noch nicht, wie in dem zweiten Falle nach einem Durchgange durch 60 Platten, jene Modification erlitten, die ihn nun geschickt machte, ungeschwächt ebensowohl Metallscheiben als schlechte Leiter zu passiren. Dieser Physiker setzt hinzu, es möchte sich vielleicht auf theoretischem Wege ein Gesetz finden lassen, das zu der Grenze führte, wo der Strom, nachdem er eine gewisse Anzahl von Platten passirt hat, gar nicht mehr aufgehalten werde, so wenig bei seinem Durchgange durch andere Platten als durch mehr oder weniger unvollkommne Leiter.

Mir scheint indeſs bis weiter die Rechenschaft, welche die Volta'sche Theorie von dem Einflusse der Abänderungen in der Säule nach Zahl der Schichtungen, Gröſse der Oberfläche der Platten und chemischen Beschaffenheit des feuchten Zwischenleiters auf die Abänderung der Wirkungen der Säulen giebt, immer noch ausreichend genug, als daſs es nöthig seyn sollte, eine so abentheuerliche Erklärung zuzulassen, welche nirgend, was wenigstens die zweierlei Portionen von E. in einer und derselben Art (der positiven z. B.) betrifft, die Analogie für sich hat. Auffallend bleibt allerdings die, wie es scheint, hinlänglich genau ausgemittelte Thatsache von der verschiedenen Art, wie ein ursprünglich schwacher und ein auf denselben Grad durch den Durchgang durch eine oder mehrere Metallplatten geschwächter galvanischer Strom beim Durchgange durch eine neue Metallplatte afficirt wird. Indeſs könnte diese Verschiedenheit vielleicht daher rühren, daſs die Umstände in beiden Fällen nie dieselben waren, indem jedesmal bei der Vergleichung der Schwächung eines bereits durch eine oder mehrere Metallplatten durchgegangenen Stromes beim Durchgange durch eine neue Metallplatte mit der Schwächung eines ursprünglich schon gleich schwachen Stromes beim Durchgange durch eine erste Metallplatte, in dem Troge im ersten Falle sich stets mehrere Metallscheiben befanden, die nothwendig auf den ganzen Proceſs mit einflieſsen muſsten, indem sich sehr wohl denken läſst, daſs in diesem Falle der gröſsere Theil des Stromes durch den Multiplicator ging und eben darum eine gröſsere Wirkung hervorbrachte, wenn gleich der Strom im Ganzen nicht kräftiger

war. Uebrigens bestätigte de la Rive bei dieser Gelegenheit gleichfalls die schon längst von ihm so wie von Jäger und Ritter gemachte Beobachtung (Nr. 36., 40., 83. und 90.) daſs die interpolirten Metallplatten den el. Strom um so weniger schwächten, je oxydabler dieselben waren, oder je leichter sie durch den flüssigen Leiter selbst angegriffen wurden. So wurde unter denselben Umständen ein Strom von 56° auf 45° reducirt durch ein Platinblech, auf 50° durch ein Kupferblech, und nur auf 54° durch eine Scheibe von Zink.

Schon oben (Nr. 61.) ist ein Versuch gemacht, diesen Einfluſs der Interpolation der vollkommenen festen Leiter zwischen die unvollkommenen flüssigen auf die Schwächung der Action der Kette mit der Volta'schen Theorie eines von der überwiegenden elektromotorischen Kraft der Metalle abhängigen el. Stromes in Uebereinstimmung zu bringen; jedoch bleibt dieser Einfluſs immer noch sehr räthselhaft. Marianini, welcher Versuche über den Einfluſs dieser Unterbrechung durch Bleiplatten [1] bei gleichbleibender Ausdehnung des flüssigen Leiters im Ganzen auf die Schwächung des Stromes eines einfachen Elektrometers, sofern die Abweichung der Magnetnadel als Maſsstab dient, angestellt hat, glaubt, daſs der Grund dieser Schwächung vielleicht in einer Art von Reflection liegen möchte, welche die E. beim Uebergange von einem flüssigen in den festen Leiter erleide, und führt zur Erläuterung die analoge Erfahrung vom Lichte an, welches durch ausgedehnte Schichten von Luft und Wasser, jede einzeln für sich, oder wenn sie in dikken Schichten über einander liegen, nur wenig geschwächt, aber in seinem Durchgange gänzlich aufgehalten werde, wenn beide in dünnen Schichten gemischt sind, wie dieses der Schaum des stark bewegten Wassers zeigt, welcher undurchsichtig ist. Ich bekenne gern, daſs hier noch Räthsel sind, die erst mit einer noch tiefern Kenntniſs des Wesens der E. als wir sie jetzt noch besitzen, verschwinden werden.

2. Eine andere Art von Schwierigkeiten für die Theorie Volta's, bieten gewisse galvanische Combinationen dar, mit welchen der scharfsinnige Schweigger schon vor mehreren Jahren diese Lehre bereicherte [2]. Er bediente sich hierbei einer

1 Schw. N. R. XIX. 264. Poggendorff's Ann. IX. 167.

2 Gehlen N. J. der Ph. u. Ch. VII. 537. IX. 316. 701.

Art von Trogapparat und viereckiger einzölliger Zink- und Kupferplatten, die durch Messingdrähte mit einander verbunden waren. SCHWEIGGER hatte 3 solcher Zellen mit 3 Combinationen dargestellt, von welchen gewöhnlich 12 bis 24, selten bis 50 von ihm angewandt wurden, weil es ihm bloſs um eine Vergleichung der verschiedenen Wirksamkeit verschiedener Combinationen zu thun war. C, C, C sind die gläsernen Zwischenwände, durch welche der hölzerne Trog in verschiedene Abtheilungen geschieden ist. Die drei Platten, welche hier zusammen ein Element bilden und wovon die eine Z Zink, die zwei andern K^1 und K^2 Kupfer, alle von gleicher Gröſse sind, werden durch einen Draht mit einander verbunden. Zwischen Z und K^1, die in einer und derselben Zelle hängen, wird noch zum Ueberfluſs ein Stückchen lackirtes Holz gebracht, so daſs keine andere metallische Verbindung zwischen den K^1 und dem Z, desgleichen zwischen dem K^2 und dem Z statt findet, als durch den Messingdraht, durch welchen die drei Platten zusammenhängen, und welcher durch Seitenlöcher durchgesteckt ist, den man aber, um der genauen metallischen Berührung gewiſs zu seyn, auch mit ihnen zusammenlöthen kann. Nach VOLTA's Theorie, meint SCHWEIGGER, könne hier unmöglich Wirkung entstehen, weil Z von zwei entgegengesetzten Kräften afficirt wird, und zwischen den beiden Impulsionen, die mit gleicher Stärke einander entgegenwirken, im natürlichen Zustande bleiben müsse, und doch giebt ein solcher Apparat eben so gut Wirkung, als wenn man bloſs K^2 Z mit Hinweglassung des andern K^1 angewandt hätte. Diese Schwierigkeit fällt indeſs weg, wenn man berücksichtigt, daſs diese Impulse sich nur in Beziehung auf die einander gerade entgegengesetzten Richtungen einander das Gleichgewicht halten oder aufheben, aber keinesweges in Beziehung auf irgend eine andere Richtung, in welcher die angetriebenen Elektricitäten sich etwa fortbewegen können. Die Volta'sche Theorie läſst keinesweges die Behauptung zu, daſs Zink zwischen zwei Kupferplatten sich im natürlichen Zustande befinden müsse, der el. Zustand desselben, wenn alle drei isolirt sind, wird vielmehr $+ \frac{2}{3}$ und derjenige jeder Kupferplatte $- \frac{1}{3}$ seyn, wenn man nämlich den Impuls vom Kupfer zum Zink und den davon abhängigen el. Spannungsunterschied $= 1$ setzt. Es wird also das Zink mit gröſserer Intensität sein $+$ auszuströmen suchen, als wenn ein einzelnes K

auf dasselbe wirkt, in welchem Falle die Spannungen — $\frac{1}{2}$ und + $\frac{1}{2}$ seyn werden. Man kann sich vorstellen, daſs die beiden Impulsionen beider Kupferplatten sich in dem Zinke gleichsam vereinigen und wechselseitig verstärken, um die E. im Volta'schen Sinne an und fortzutreiben, weil bei einer Materie, wie die el., der wir eine ähnliche Elasticität, wie den Gasarten, dem Wasser u. s. w. zuschreiben müssen, eine Einwirkung, die in einer Richtung statt findet, ein Streben nach allen Seiten auszuweichen bestimmt, und diese Combination wird also stärkere Wirkung geben müssen, als die Combination 1, wobei wie bei den folgenden Figuren der horizontale Strich a b jedesmal die Art der metallischen Verbindung der Platten unter einander durch Drähte, mit denen sie zusammengelöthet sind, und der verticale Strich $\alpha\,\beta$ die Glasplatte der Tröge, welche sie von einander trennt, und also die Art der Einsetzung der Metallplatten in die Tröge bezeichnen. Wenn man die in diesem Falle statt findende Wirkung daraus erklären wollte, bemerkt SCHWEIGGER ferner, daſs da Z K' in dieselbe Flüssigkeit eingetaucht sind, die el. Spannung durch dieses sie umflieſsende gesäuerte Wasser (das er gewöhnlich anwendete) beständig aufgehoben werde, und also die el. Spannung von K^2 Z, die sich in getrennten Fächern befinden, allein übrig bleibe, so stehe diesem das ganz andere Verhalten der Combination 2 entgegen, wo doch auch die Spannung zwischen K Z', die sich in einem und demselben Fache befinden, durch das umflieſsende Wasser aufgehoben werden, und folglich abermals die Wirkung von Z^2 K übrig bleiben muſste, während dieser Apparat so gut wie gar nichts giebt, keine Gasentbindung oder Oxydation, auch bei einem Abstande nur von einer Linie der Drähte in der Gasröhre, keine el. Erschütterung, auch selbst nicht bei verwundeten Fingern. Hebt man dagegen ein einziges Z aus, so daſs in der Reihe ein Element, wie die Combination 3 vorkommt, so stellen sich die Wirkungen eines el. Stromes sogleich ein. Nach Volta's Theorie muſs sich aber auch in der That diese Verschiedenheit zwischen dieser und der Combination 4 zeigen, denn wenn man das Schema der aus jenem Elemente errichteten Batterie, wie die Combination 5 sie darstellt, betrachtet, so übersieht man leicht, daſs in dieser Säule, in welcher der positive Pol nach der linken Seite hin gelegen ist, der Impuls, welcher von der rechten Seite her kommt, in jeder Zelle durch einen entgegen-

Fig. 140.

gesetzten Impuls grofsentheils aufgehoben werden mufs, indem die E., die in der Combination Nr. I. von K nach Z′ angetrieben wird, nicht blofs nach K zurückströmt, sondern, wie alle Versuche beweisen, sich in dem flüssigen Leiter verbreitet, und also der E., die von Z^2 her angetrieben wird, sich entgegensetzt. Auch läfst sich die relative Unwirksamkeit dieser Säule nach der Art, das Resultat der Einwirkung der Metalle auf einander durch die el. Spannung zu bestimmen, so auffassen, dafs das Z′ in der Combination Nr. I., indem es durch die E. von dem Z^2 in der Combination Nr. II. auf $+ 1$. erhoben wird, das K in dieser Combination auf 0 bleiben mufs, und also auf das Z^2 in der Combination Nr. I. wie in einer einfachen Kette wirkt, ein Räsonnement, welches, so weit man diese Batterie fortsetzt, immer wieder seine Anwendung findet, so dafs die Wirkung eines einzigen Plattenpaares immer nur das endliche Resultat ist. Schweigger fand freilich eine noch schwächere Wirkung, denn bei 16 Combinationen und Anwendung von mit etwas Schwefelsäure geschärftem Wasser war es nicht möglich, durch die Polardrähte, die an einem Froschpräparate angelegt wurden, auch nur die geringste Contraction hervorzubringen, während, wenn nur aus einer der Combinationen eine Zinkplatte herausgehoben, und diese aus der Combination Nr. I. in die Combination Nr. II. verwandelt wurde, dieser Erfolg sogleich eintrat. Indefs ist nicht zu leugnen, dafs, wenn auch eine aus solchen Combinationen wie Nr. II. errichtete Batterie das Aequivalent nur eines einzelnen Plattenpaares ist, dieselbe bei der wirklichen Schliefsung einem solchen weit nachstehen mufs, indem der schwache Strom in seinem Durchgange durch die Säule selbst ungemein retardirt wird. Doch bemerkt Schweigger selbst, dafs im Zustande hoher Erregbarkeit diese Batterie ein Froschpräparat wirklich in Contraction versetzte. Dafs die Combination 6 drei- und viermal so stark wirkte, als die Combination 7, erklärt sich aus dem Satze, dafs um das Maximum von Action zu haben, stets die Berührungsfläche des negativen Erregers mit der Flüssigkeit diejenige des positiven Metalls übertreffen mufs, oder dafs sehr wenig von dem positiven Metalle sehr viel von dem negativen Metalle beschäftigen kann. In der Combination 7 erschöpft gleichsam das Zink, welches mit dem Kupfer in einem Fache ist, vollkommen die Action dieses Kupfers, oder beschäftigt dieses schon hinlänglich, und es bleibt

daher wenig zu übertragen übrig, während in der ersten Combination das Zink die Action beider Kupferplatten aufnehmen kann, wovon zwar die eine durch die Entgegenwirkung der andern Kupferplatte aufgehoben wird, aber immer noch die Wirkung eines KZ übrig bleibt, die sich durch die ganze Batterie hindurch addirt. Schweigger hat noch eine andere Combination angegeben, welche in der That den Beweis liefert, daſs die entgegengesetzten Ströme der beiden in demselben Fache befindlichen Zinkplatten, oder wie er sich ausdrückt, die Repulsionen, die diese Zinkplatten auf einander ausüben, die wahre Ursache der fast gänzlichen Unwirksamkeit aus der Combination
Fig. 141. 2 sind. Eine solche Einrichtung zeigt die Figur, wo der Draht, welcher die ersten ²ZKZ′ zu einer Combination verbindet, den Draht, durch welchen die zweite ²ZKZ′ mit einander zusammenhängen, nicht berühren darf, welches anzudeuten die Drähte abwechselnd punctirt gezeichnet sind. Man sieht leicht, daſs in diesem Falle die Ströme der beiden Zinkplatten, wenn wir von der rechten nach der linken Seite fortschreiten, einander nicht entgegenwirken, indem das Kupfer sich zwischen beiden Z befindet, daſs der Strom von Z sich mit dem K auf der ihm gegenüberstehenden Fläche gleichsam ausgleicht, und der Strom von Z² durch dasselbe K nach dem zweiten Fache übergeführt werden kann. Ich übergehe noch einige andere Combinationen, welche Schweigger in einem späteren Aufsatze[1] der Volta'schen Theorie entgegengestellt hat und die sich auf ähnliche Weise immer noch mit derselben in Uebereinstimmung bringen lassen, und werde übrigens eine andere Theorie, welche Schweigger darauf gegründet hat, weiter unten beleuchten.

3. Endlich hat man einen scheinbar siegreichen Einwurf gegen die Volta'sche Theorie von der Nothwendigkeit des Oxydationsprocesses in der Säule zur Wirksamkeit derselben und von der Abhängigkeit des Grades derselben von dem Grade dieses Oxydationsprocesses hergenommen. Schon unter dem Abschnitte von der einfachen Kette habe ich in Nr. 61. diesem Einwurfe zu begegnen gesucht, auch hat Biot[2] durch eine Reihe genauer Versuche mit der Coulomb'schen el. Waage bewiesen, 1. daſs zwei el. Säulen, die in allem gleich sind, bis auf die

1 Gehl. J. IX. 701.

2 G. XVIII. 157.

Natur der feuchten Leiter, dem Condensator in gleicher Zeit verschiedene Mengen von E. ertheilen können. 2. Daſs diese Verschiedenheiten abhängen von dem Unterschiede in dem Leitungsvermögen der feuchten Substanzen; von dem Einflusse, den sie durch ihre Berührung mit den Metallen auf die von den Metallen erregte E. äuſsern; und von den Veränderungen, welchen die Theile des Apparats in diesen beiden Hinsichten unterworfen sind; daſs aber 3. die geringe Menge von E., welche vermuthlich durch die chemischen Wirkungen in der Säule entwickelt wird, keinen wahrzunehmenden Antheil hat, und völlig unvergleichbar ist, mit der E., welche durch den bloſsen Contact der Metalle hervorgebracht wird; jedoch stehen immer noch als ein groſser Stein des Anstoſses die in Nr. 86. erzählten Versuche entgegen, welchen zufolge der el. Strom der Säule aufhört, sobald die Bedingungen der Oxydation fehlen, wenn gleich alle durch die Volta'sche Theorie erforderten Bedingungen zur Wirksamkeit der Säule vorhanden sind. In Rücksicht auf diese Versuche ist nur zu bedauern, daſs sie nicht durch Wiederholungen hinlänglich constatirt sind. Aber auch die Genauigkeit derselben vollkommen zugegeben, lieſse sicht vielleicht die relative Unwirksamkeit der Säule, deren Tuchscheiben mit Wasser benetzt sind, das allen seinen atmosphärischen Sauerstoff verloren hat, aus einem sehr auffallend geschwächten Leitungsvermögen eines solchen Wassers für E. erklären. Wir wissen ja, daſs die Verhältnisse eines solchen vollkommen luftleeren Wassers auch gegen andere Imponderabilien von denjenigen eines mit Luft erfüllten Wassers sehr auffallend abweichen, daſs es namentlich weit unter den Gefrierpunct abgekühlt werden kann, ehe es erstarret. Indeſs gestehe ich gern, daſs dieser wichtige Punct durch fernere Versuche erst noch einer weitern Aufklärung bedarf.

103. Von dem Volta'schen Principe der Verstärkung der E. durch Uebereinanderschichtung mehrerer Plattenpaare, welches man das *Princip der Impulsion* nennen kann, weicht nun wesentlich das *Princip der Verstärkung durch Vertheilung oder condensatorische Wirkung des Zwischenkörpers* ab, welches Jaeger am ausführlichsten entwickelt, und eine so viel möglich mathematisch genaue Construction der Phänomene aus demselben abgeleitet hat, und welchem auch die meisten Physiker huldigen. Jaeger wurde zuerst auf dieses Princip durch

die Erscheinungen der sogenannten trockenen Säule geleitet, stellte es aber später als das allgemeine Princip aller Säulenwirkung überhaupt auf [1]. Unmittelbare Versuche hatten ihm bewiesen, dafs eine Säule, deren Metalle gleich Condensatoren vollkommen ebene, wohl abgeschliffene Platten waren, und bei denen eine dünne Harzschicht die Stelle des feuchten Zwischenleiters vertrat, folglich sich ganz unter den Umständen befanden, um condensatorisch auf einander zu wirken, ganz dieselben elektroskopischen Erscheinungen gaben, wie eine gewöhnliche Volta'sche Säule, deren Zwischenleiter ein feuchter Körper ist. Dabei ging Jaeger von zwei Fundamentalsätzen aus, welche beweisen sollten, dafs die in der Berührung zweier Metalle erregten Elektricitäten sich wirklich einander gegenseitig binden und beschränken, und dafs die eine nur dann auf ein Elektrometer einwirken könne, wenn die andere zugleich nach aufsen beschäftigt wird. Der eine dieser Sätze betrifft das schon oben (Nr. 7.) auseinandergesetzte Verhalten des Condensators, dafs, wenn beim gewöhnlichen Verfahren, wo man durch blofse ableitende Berührung der einen Platte, oder durch das 0 des Erdbodens condensirt, die condensirende Kraft $= x$ gesetzt wird, diese Kraft in Beziehung auf ein aus einem unerschöpflichen Quell zuströmendes $\pm Z = 2x$ wird, wenn aus einem eben so unerschöpflichen Quell ein gleiches $\mp Z$ der andern Platte zuströmt. Der zweite Satz ist folgender. Wenn man der einen Platte eines Condensators von einer condensirenden Kraft $= x$ aus einem unerschöpflichen $+ E$ von der Spannung $= y$ und der einen Platte eines andern gleich guten Condensators aus einem gleichen unerschöpflichen Quell $- E$ von derselben Spannung $= y$ zuführt, während die beiden andern Platten dieser Condensatoren durch einen isolirten Leiter mit einander verbunden sind, so zeigen diese beiden Condensatoren nicht $2xy$, sondern nur xy. Jaeger führt als Beweis dieses zweiten Satzes folgenden Versuch an: Man erbaue zwei Volta'sche Säulen jede von beliebiger Gröfse, die eine mit dem + Pole, die andere mit dem — Pole in Berührung mit dem Erdboden. Auf die freien Pole von diesen lege man Condensatoren, beide von gleicher Güte, und verbinde die nach oben gekehrten Platten dieser beiden Condensatoren durch einen Leiter mit einem isolirenden Hand-

1 G. LII. 81. u. LV. 389.

griffe. Beide Condensatoren werden mit der halben Summe der Polarspannungen beider Säulen und folglich, wenn diese gleich sind, nur mit xy geladen seyn, wenn nämlich y die Spannung jeder einzelnen Säule ist. Noch einfacher würde dieser Versuch mit zwei gleich guten Condensatoren anzustellen seyn, deren jeder aus einer gefirnifsten Zink- und einer gefirnifsten Kupferplatte besteht. Man lege einen dieser Condensatoren mit seiner Kupferplatte auf die Hand, auf seine Zinkplatte lege man aber den zweiten Condensator mit seiner Kupferplatte. Berührt man nun die andere nach oben gekehrte Zinkplatte dieses zweiten Condensators ableitend und hebt sie an ihrem isolirenden Handgriffe ab, so zeigt sie E. von der halben Spannung derjenigen, welche beim einfachen Volta'schen Fundamentalversuche erscheint, und also halb so stark, als wenn man die Zinkplatte des ersten Condensators ableitend berührt hätte. Dieser Erfolg, dafs im ersten Falle nur die halbe Spannung von derjenigen im zweiten Falle zum Vorschein kommt, meint Jaeger, könne nur davon herrühren, dafs die in den beiden Metallen durch Berührung erregten Elektricitäten einander durch wechselseitige Anziehung beschränken und sich so weit binden, daher auch nicht mit ihrer ganzen Intensität auf die anliegenden Harzschichten wirken können, und also in den diesen gegenüberstehenden Leitern nur E. von der halben Intensität hervorrufen.

Aus diesen zwei Sätzen leitet Jaeger auf folgende Weise den Vorgang der Verstärkung in der Säule ab: die Elektromotoren seyen durch vollkommen isolirende Zwischenlagen, also durch eine Harzschicht von einander getrennt, und bilden zugleich vollkommene Condensatoren, indem sie mit ebenen polirten Flächen an jene Zwischenlagen anstofsen. Legt man auf die den Boden berührende Unterlage von Zink die Kupferplatte Fig. K′ und auf diese die von ihr durch die isolirende Schicht ge- 142 trennte Zinkplatte Z′, so wird, wenn man Z′ ableitend berührt und dann an seinem isolirenden Handgriffe h abhebt, diese Platte E. von der Spannung xy zeigen, vorausgesetzt, es bezeichne x die Stärke des Condensators K′ a Z′, und y die ursprüngliche Spannung der E., welche frei wird, wenn Zink und Kupfer mit einander in Berührung gebracht werden. Berührt man aber nun Z′ statt mit dem Finger, mit einem Stücke Kupfer oder mit der in der Hand gehaltenen Kupferplatte K^2, so zeigt das isolirt abgehobene Z′ jetzt + E von der Spannung 2xy,

nach dem oben erwähnten Gesetze A des Condensators. Legt man ferner auf K^2 die Zinkplatte Z^2, mit dem isolirenden Zwischenkörper a′, so wird Z^2 berührt und isolirt abgehoben + E von der Spannung $\frac{2\,x\,v}{2}$ oder x y zeigen nach dem Gesetze B des Condensators. Berührt man aber Z^2 statt mit dem Finger mit der in der Hand gehaltenen Kupferplatte K^3, so mufs nun, was die Combination beider Gesetze verlangt, das isolirt abgehobene Z^2 zeigen $+ E = xy + \frac{xy}{2} = xy\frac{3}{2}$. Wird ferner Z^3 mit dem Zwischenkörper a″ auf K^3 gelegt, so wird die erst ableitend berührte und dann isolirt abgehobene Scheibe Z^3 nun + E. von der Spannung $xy\frac{3}{4}$ haben. Berührt man aber Z^3 statt mit dem Finger mit der Kupferplatte K^4, so zeigt Z^3 nun + E. von der Spannung $xy\frac{3}{4} + \frac{xy}{2} = xy\frac{5}{4}$, und so wird der nächste Elektromotor, welchen man auf K^4 aufschichtet, E. von der Spannung $xy\frac{5}{8}$ und der n^te^ Elektromotor E. von der Spannung $xy.\ \frac{2^n+1}{2^n}$ zeigen. Ist nun n eine bedeutend grofse Zahl, so wird der Werth des letzten Ausdrucks beinahe $= xy$, und es folgt daraus, dafs das letzte Glied eines nach dem Schema der el. Säule erbauten Systems von zahlreichen Condensatoren, deren Platten durch vollkommene Isolatoren getrennt sind, nur E. von der einfachen Spannung des Volta'schen Fundamentalversuches zeigen kann. Jaeger will bei der Prüfung einer aus 6 ziemlich guten Condensatoren von Zink und Kupfer, deren Flächen mit trockenem Bernsteinfirnisse überzogen waren, dieses Gesetz der Progression ziemlich genau bestätigt gefunden haben. In keiner Volta'schen Säule, selbst nicht in der trockenen, sind aber die Zwischenlagen vollkommene Isolatoren. Dieses hebt den Einflufs des Gesetzes B in so weit auf, dafs jeder der Pole, welcher an die Zwischenlage grenzt, als mit einer Ableitung versehen zu betrachten ist, und dafs die E. derselben nicht mehr beschränkt durch die entgegengesetzte des andern nun mit ihrer ganzen Intensität nach aufsen wirken kann. Wenn in der vorigen Säule der Elektromotor, welcher die Unterlage von Z und die Platte K^1 bildete, durch den durchdringlichen Zwischenleiter a getrennt ist von dem Elektromotor Z′ und K^2, so wird in der Platte Z′ und K^2 nicht nur + E und — E von der Span-

nung 2y hervorgerufen, sondern indem das + E der Zinkplatte Z' in den Zwischenkörper a eindringt, wird in demselben Maſse die — E der Kupferplatte K^2 frei und fähig mit dieser Spannung 2y nach auſsen zu wirken, ohne von dem + E der Scheibe Z beschränkt zu bleiben. Legt man den Elektromotor K^3 Z^2 sammt dem Zwischenkörper a' auf K^2, so wird auch in Z^2 positive E. und in K^3 negative E. von der Spannung x y hervorgerufen, und da durch die Erregung zwischen K^3 und Z^2 eine neue Portion E. von der Spannung y hinzukommt, so wird Z^2 nun +3y und K^3 —3y haben und mit derselben Geschwindigkeit, mit welcher die + E der Platten Z^2 in die Zwischenlage a' eindringt, wird die — E der Platte K^3 frei, und fähig einem prüfenden Instrumente — 3y mitzutheilen. Derselbe Hergang wiederholt sich bei jedem neuen Plattenpaare, dessen der vorhandenen Säule zugewendeter Pol durch Atmosphärenwirkung die entgegengesetzte E. des Endes der Säule in ihrer ganzen Intensität erhält, wozu noch die Intensität kommt, welche der Elektromotor selbst besitzt. Indem aber diese E. in den ihn mit der Säule verbindenden Zwischenkörper eindringt, wird der andere Pol dieses Elektromotors, der nun das Ende der Säule ausmacht, unerschöpflich geladen, und kann seine E. mit eben der Geschwindigkeit an ein prüfendes Instrument abgeben. Die eigentliche Function des Zwischenleiters ist demnach, einmal durch Atmosphärenwirkung gleiche el. Spannung an den beiden ihm zugewandten Polen der Elektromotoren zu vermitteln, und zweitens dadurch, daſs diese Elektricitäten continuirlich in ihn eindringen, und in ihm sich wechselseitig aufheben, die freie unbeschränkte und continuirliche Entwicklung der entgegengesetzten Elektricitäten an den von ihm abgewandten Polen eben dieser beiden Elektromotoren zu bewirken. In Rücksicht auf diese el. Wirkungen soll kein anderer factischer Unterschied zwischen trockenen Säulen, von denen die ganze Demonstration ausging, und nassen statt finden, als der, welcher aus der verschiedenen Geschwindigkeit des Leiters entspringt, womit dann alle die Verschiedenheiten auch gegeben sind, welche von der Volta'schen Theorie durch die el. Verhältnisse der Säule erklärt werden. Ob diese an das Unendliche grenzende Verschiedenheit zwischen trockenen und nassen Säulen von der verschiedenen Durchdringlichkeit der nassen und der trockenen Zwischenkörper herrühren, das, meint Jaeger, werden wir nicht eher

zu entscheiden vermögen, als bis wir die Ursache der Retardation der el. Wirkungen in der Säule, deren nasse Zwischenkörper durch ein Metall in zwei Schichten getheilt sind, kennen gelernt haben, wobei, weil die Metalle nach ihrem Grade der Oxydabilität einen so verschieden Einfluſs äuſsern, wohl ein chemischer Proceſs mit thätig seyn dürfte. Noch erklärt sich Jaeger gegen die Annahme eines die Zwischenkörper in einer Richtung durchdringenden Stromes von E., als den Erscheinungen geradezu widersprechend. Wenn man nämlich auf den + Pol einer nassen Zink-Kupfersäule, deren — Pol den Boden berührt, einen Condensator legt, dessen Platten durch eine trokkene Papierscheibe von einander getrennt sind, so könnte, wenn man seine obere Platte ableitend berührt, und dann isolirt abhebt, nach jener Annahme an ihr nur + E von der Spannung des + Pols der Säule erscheinen. Denn da das trockene Papier auch el. wirksame Säulen giebt, so muſs es den Strom von + E, welcher sich hier vom Boden aus in einer Richtung gegen den Pol der Säule hin bewegen soll, ebenfalls durch sich hindurch leiten, nur langsamer als das nasse. Allein jene abgehobene Condensatorplatte zeigt — E, von der Spannung des + Pols der Säule, multiplicirt in die Gröſse, welche das condensirende Vermögen des Instruments ausdrückt. Daſs eben diese Condensatorplatte, während sie mit der Säule verbunden ist, an ein anderes prüfendes Instrument + E von der Spannung des + Pols der Säule abgiebt, rührt also bloſs davon her, daſs sie selbst während diesem Abgeben — E bindet, und damit geladen wird.

104. Diese Vertheilungstheorie hat durch Scholz[1] eine etwas abgeänderte Gestalt erhalten, und ist durch die Analogie der Ladungsplatten noch weiter begründet worden. Ertheilt man den vordern Flächen mehrerer belegter isolirter Glastafeln einen gleich schwachen Grad von + E, und legt sie dann auf einander, indem man die hintere Belegnung der letzten Tafel in eine leitende Verbindung mit dem Erdboden bringt, so wird die el. Spannung erhöht, und zwar im Verhältnisse der Zahl der Tafeln, indem eine jede vordere Fläche zu ihrem freien + E, noch die von der hinteren Fläche der vorhergehenden Tafel

1 B. Scholz Anfangsgründe der Physik, als Vorbereitung zum Studium der Chemie. Wien 1825.

abgestoſsene Menge + E erhält. Das Analogon der einander berührenden positiven und negativen Belege dieser Glastafeln soll nun das Metallplattenpaar und das Analogon des Glases der feuchte Zwischenleiter seyn, welcher mit den Metallen selbst nicht elektromotorisch wirkt, und für die schwache el. Spannung der Metalle als ein Nichtleiter sich verhält, durch welchen das + E des Zinks vertheilend wirken kann, und zwar um so leichter und besser (!), je mehr sich die Flüssigkeit den Leitern nähert. Betrachten wir nun zwei Plattenpaare als das Schema der einfachsten Säule A und B, in welchen das Zink auf dem Kupfer liegt, und nennen wir den el. Spannungszustand des Zinks mit dem Kupfer, dieses als 0 angenommen + Z, so muſs, wenn man B auf A legt, welches letztere selbst mit dem Erdboden in Verbindung steht, durch die vertheilende Wirkung in demselben Grade, wie das darunter liegende Zink, jeder auf der Pappscheibe liegende Leiter + el. werden, folglich auch das 2te Plattenpaar B. Dieses ist also nicht mehr 0 sondern + 2. Nun geschieht die elektromotorische Wirkung in dem Plattenpaare B, vermöge welcher der el. Zustand des Zinks um 2 positiver, als jener des Kupfers seyn muſs, das Kupfer giebt + E an das Zink ab, wird aber durch die vertheilende Wirkung des Plattenpaares A, welches seinen scheinbaren Verlust aus dem Boden ersetzt, stets auf + 2 erhalten, daher muſs die elektromotorische Wirkung in dem Plattenpaare B so lange fortdauern, bis das + E des Zinks 4 wird. Mitttelst dieses wirkt es vertheilend durch die zweite Pappscheibe auf das dritte Plattenpaar u. s. f.

Berzelius[1] construirt die Vervielfachung der Spannung in der Säule gleichfalls nach der Vertheilungstheorie, indem er, wie Jaeger, von der Säule, deren Zwischenkörper ein Nichtleiter ist, ausgeht, dabei aber Jaeger's früherer Darstellung folgend als das Element einer solchen und überhaupt jeder Säule den auf beiden Seiten mit den heterogenen Metallen belegten, die Vertheilung vermittelnden Zwischenkörper betrachtet. Werden nämlich zwei solche belegte Scheiben zusammengelegt, und durch Berührung ihrer einander zugekehrten el. Seiten CZ' elek- Fig.
trisch, so werden ihre äuſseren Belegungen durch Vertheilung 143.
zugleich freie E. empfangen. Wird eine dritte solche belegte

1 Lehrbuch der Chemie von J. Jacob Berzelius, übers. v. Wöhler 1825. I. Bds. 1. Abthl. S. 94—97.

Scheibe darauf gelegt, so wird diese nicht nur durch die in der Belegung der zweiten Scheibe freigewordene E., sondern auch durch den neuen Antheil derselben geladen, welcher durch die Berührung des zweiten und dritten Paars der ungleichartigen Metallplatten erregt wird, und daher wird die Ladung aller drei Paare stärker, als bei den ersten zwei Paaren. Legt man eine vierte Scheibe darauf, so nimmt diese nicht nur die freie E. der obern Belegung der dritten Scheibe auf, sondern erlangt auch noch die zwischen dieser und ihrer eigenen Belegung erregte Berührungs-E., und es entsteht dadurch eine gröfsere Vertheilung von E. in jeder der vier Scheiben, als vorher bei dreien statt fand. Auf diese Weise wird die Intensität der Ladung mit jeder neu hinzugelegten Scheibe vermehrt. Um sich die ungeheure Quantität der E., welche eine mit nassen Zwischenleitern geschichtete Säule bei einer so geringen Intensität giebt, zu erklären, vergleicht er diese[1] mit einer Ladungsflasche, wo die Flüssigkeit eben so geladen sey, wie hier das Glas. Die bei weitem gröfsere Quantität rühre also davon her, dafs die Flüssigkeit eine unendlich gröfsere Capacität für vertheilte E. habe, als das Glas besitze, und dafs daher zur Ladung der Flüssigkeit bis zu einer geringen Intensität eine unendlich gröfsere Menge von E. erforderlich sey, als das Glas vermöge seiner geringeren Capacität zur Ladung erfordere. Dafs aber die Intensität der Ladung nicht sehr grofs werden könne, liege darin, dafs die Erregungsursachen der E. so geringe Intensität haben, die Ladung der Säule aber niemals intensiver werden könne, als die Ursache derselben sey.

105. Diese Erklärung nach dem Principe der Vertheilung, in den verschiedenen Gestalten, in welchen sie vorgetragen worden ist, scheint mir auf keine Weise haltbar, vielmehr mit den anerkannten Gesetzen in offenbarem Widerspruche zu stehen. Der erste Satz, von welchem Jaeger's Deduction ausgeht, dafs nämlich die Zinkplatte Z′, wenn x die Stärke des Condensators K a Z′ und y die ursprüngliche Spannung der E. ist, welche frei wird, wenn Kupfer mit Zink in Berührung sich befindet, die Spannung x y zeigen werde, wenn man Z′ mit dem Finger ableitend berührt, und dann an einer isolirenden Handhabe abhebt ist *nicht genau*; die durch irgend eine freie Spannung,

1 a. a. O. S. 119.

durch irgend eine vertheilende Schichte hindurch, hervorgerufene E. muſs immer schwächer seyn, als die Spannung, durch welche sie hervorgerufen wird, weil ja erstere Spannung aus der Entfernung wirkt, und nur in der unmittelbaren Berührung im Stande ist, eine ihr gleiche entgegengesetzte Spannung zu entwickeln. Denn da jene durch Vertheilung freigemachte E. aus dem 0 entwickelt wird, und also vorher durch ein ihr gleiches ± zurückgehalten war, so würde ja dieses ± bei Gleichheit der Spannung wegen der unmittelbaren Nähe offenbar ein Uebergewicht haben, ein Uebergewicht, welches nur durch das gröſsere Quantum von E., welches seinen Gegensatz hervorruft, ausgeglichen werden kann. Immer wird also das ± in Z' stets geringer seyn, als x y, und zwar um eine Gröſse, die zwar geringer ist als y, aber sich diesem y um so mehr nähert, je geringer die condensirende Kraft des Condensators, d. h. je dikker die Zwischenschicht ist. Ueberhaupt müſste die elektroskopische Aeuſserung der Säule wenn die in der durch einen Zwischenkörper getrennten Metallplatte hervorgerufene freie Spannung eine Wirkung der vertheilenden von der unter dem Zwischenkörper gelegenen heterogenen Metallscheibe wäre, eine Function der Dicke dieser Zwischenschicht seyn, welchem aber geradezu die Erfahrung widerspricht, durch welche wir belehrt werden, daſs die elektroskopischen Aeuſserungen der Säule unverändert dieselben bleiben, von welcher Ausdehnung auch der feuchte Zwischenleiter seyn mag, ja selbst, wenn er in seiner Continuität durch ein Metall unterbrochen wird.

Diese Thatsache ist eine für jede Vertheilungstheorie unauflösliche Schwierigkeit, und nie wird durch dieses Gesetz eine in arithmetischer Progression wachsende Vervielfachung begreiflich gemacht werden können. Man erinnere sich nur an eine Reihe von Leidner Flaschen, die sich wechselseitig durch einander laden, und in welcher die Ladung der Flaschen in einer geometrischen Progression von der ursprünglich geladenen ausgegangen abnimmt[1]. Auch widerspricht es allen bekannten Erfahrungen, daſs so vortreffliche Leiter für die E., wie z. B. Säuren, sich in diesem Vorgange als Nichtleiter verhalten, und eine vertheilende Wirkung vermitteln sollten, wo die wirkliche Mittheilung durch sie hindurch statt finden kann. Der Begriff von ei-

1 S. *Flasche, geladene.*

ner unendlich viel gröſseren Capacität des flüssigen Leiters als des Glases für die Ladung, woraus Berzelius die ungeheure Quantität von E. bei der so schwachen Intensität der Säule erklärt, hat durchaus kein Fundament in den Erfahrungen über die E. Das Glas wirkt an und für sich in dem Ladungsprocesse mit keiner andern Capacität als jeder andere Nichtleiter, sie ist von seiner besondern Natur ganz unabhängig immer nur eine Function der Oberfläche, in der es belegt ist, und der Dicke der Glasscheibe, folglich unendlich variabel. Die Bindung der E. an der Glasfläche geschieht immer nur durch die Entgegenwirkung des Gegensatzes auf der äuſsern Fläche der Ladungsflasche, und ist um so gröſser, je dünner der Zwischenraum ist, um so gröſser ist also auch die Capacität. Uebrigens übersieht man leicht, daſs es, um die groſse Quantität von E., welche die Säule in ihren fortwährenden Strome mittheilt, zu erklären, ganz auf dasselbe hinausläuft, ob man mit Volta gar keine vorhergegangene Bindung und davon abhängige Anhäufung der E. in der Säule annimmt, sondern dieselbe durch die fortdauernde elektromotorische Thätigkeit der Metalle sich immer neu entwikkeln läſst, oder ob man mit Berzelius jene annimmt, die dann doch auch nur durch die elektromotorische Thätigkeit der Metalle zu Stande kommen könnte, und die doch auf keinen Fall hinreichen würde, um für einen Strom von Tagen und Wochen auszureichen, wo dann doch immer noch der erstere Quell zu Hülfe genommen werden müſste. Was endlich die Unterscheidung eines einseitigen Durchströmens von einem Eindringen der E. von beiden Seiten in den Zwischenkörper und die Verwerfung der ersteren betrifft, so kann diese Frage nur entschieden werden durch die Entscheidung zwischen der Franklin'schen und dualistischen Theorie. Wird erstere angenommen, so ist das Durchströmen begreiflich immer nur einseitig von denjenigen Platten aus, welche positiv el. sind. Ist letztere Theorie die richtige, so findet immer ein Eindringen von beiden Seiten, ein positives und negatives zugleich statt. Das Argument Jaeger's gegen das Eindringen von einer Seite her, was ich oben angeführt habe, scheint mir indeſs durchaus nicht bündig, weil in der feuchten Säule die E. der untern Platte des Condensators so schnell zugeführt wird, daſs die verhältniſsmäſsig höchst geringe Menge, welche in gleicher Zeit immer noch durch das Velinpapier einseitig hindurch dringen kann, keinen merklichen

Verlust hervorbringen wird, und folglich neben dem wirklichen Abgeben von + E an die obere Platte des Condensators doch noch so gut, wie die ungeschwächte vertheilende Wirkung des + E durch dasselbe Papier hindurch, statt finden, und diese obere Platte durch Bindung in den negativen Zustand versetzen kann. Daher ist die Ladung der trockenen Säule, die so aufserordentlich langsam geschieht, immer noch durch ein einseitiges Durchdringen gedenkbar [1].

106. Diese beiden Haupttheorien der Vervielfachung stimmen, wie wir gesehen, darin mit einander überein, dafs sie die elektromotorische Wirkung der Körper auf einander in der blofsen Berührung, und namentlich in der gewöhnlichen Z K Säule die elektromotorische Wirkung dieser beiden Metalle auf einander, als die eigentliche Quelle der E. betrachten und dem feuchten Leiter gleichsam nur eine untergeordnete Rolle, namentlich keinen Antheil an der ursprünglichen Erregung der E. zuschreiben. Anders verhält es sich mit den Theorien einiger anderer Physiker, die den chemischen Procefs und insbesondere den Oxydationsprocefs als den eigentlichen Grund der el. Erregung aufstellen. Parrot [2] gründet seine Oxydationstheorie auf gewisse Versuche, durch welche er bewiesen haben will, dafs bei der Berührung heterogener Metalle mit einander keine E. erregt werde, sondern nur durch die Wirkung des flüssigen Leiters auf die Metalle. Z, eine Pappscheibe mit Säure genäfst und K in dieser Ordnung auf einander gelegt, Z mit dem Condensator verbunden, K mit der Erde, gaben ihm als Mittel aus 6 Versuchen — $4\frac{4}{9}$. K, Säure, Z gaben unter diesen Umständen als Mittel aus 6 Versuchen + $6\frac{1}{2}$. Legte man auf die Schichtung des ersten Versuchs eine Kupferplatte und auf die des zweiten eine Zinkplatte, so entstand dadurch keine Aenderung in den E., welche der Condensator anzeigte. Ihm zufolge ist also das wahre Element der Säule Z f K, und nach dieser richtigen Art der Construction das Zinkende das negative, das Kupferende das positive. Baue man daher die Säule nach Volta's Schema Z K f, so verliere man in der Säule die Wirkung einer Schichtung. Dieses soll direct durch Versuche erwiesen seyn, indem Marechaux bei seinen Untersuchungen über die Gesetze der Spannung der Säule, die auf die Volta'sche

1 Vgl. übrigens meinen Aufsatz in G. LXVIII. 273.

2 Grundrifs der theor. Physik IIter Theil S. 564. ff.

Weise gebaut war, keinen Unterschied zwischen einem und zwei Plattenpaaren habe beobachten können, während man bei der Errichtung der Säule unter Annahme des obigen Elements, also ZfKZfK in diesem Falle in der That eine Spannung erhalte, die sich zu der Spannung ZfK merklich wie 2 : 1 verhalte. Die Construction der Säule ist also nach Parrot so aufzufassen. In jedem Augenblicke der Oxydation entsteht eine Schicht Oxyd, und zwar muſs diese Oxydschicht im Augenblicke der Entstehung vollkommen trocken seyn, da in derselben ein Wärmegrad angenommen werden muſs, der dem Glühen gleich kommt, im nächsten Augenblicke aber wird sie von der Flüssigkeit durchdrungen. Diese Oxydschicht ist für den Augenblick ihrer Entstehung und also der Entstehung der beiden Elektricitäten ein Isolator, folglich müssen beide durch die Oxydschicht im Augenblicke ihrer Entstehung getrennt seyn, im folgenden aber nicht mehr. Wird dann die eine Elektricität durch eine Leitung mit der Erde gebunden, so muſs die andere im Augenblicke ihrer Entstehung sich thätig zeigen, und die Condensatoren zeigen nun nur diese entstehende E. an. Ist aber die Schichtung völlig isolirt, so binden sich die Elektricitäten im Augenblicke nach ihrer Entstehung und der Condensator muſs 0 E. anzeigen. Da Parrot durch directe Versuche gefunden haben wollte, daſs sowohl K als Z in Berührung mit den Flüssigkeiten negativ diese positiv werden, so giebt er uns folgende Erklärung, wie doch in dem Elemente ZfK zwei entgegengesetzte Elektricitäten auftreten können.

Fig. 144. Es sey eine solche Schichtung gegeben, worin zwei Oxydationen vorfallen. Durch die des Zinks erhält dieses Metall — E, die Flüssigkeit + E, durch die des Kupfers erhält dieses — E, die Flüssigkeit + E und so bekommt also die Flüssigkeit + 2 E. Ist das Ganze isolirt, so binden sich beide Paare + E und — E, und der gemeinschaftliche Zustand ist der Erfahrung gemäſs 0 E. Wird aber das — E des Zinks durch eine Leitung mit der Erde gebunden, im Augenblicke seiner Entstehung, so bleibt in der Schichtung + 2 E und — 1 E, das — E bindet ein + E, und es bleibt also ein + E übrig, welches auf Z oder K herübergehen kann. Da aber nach andern Versuchen Parrot's[1] das Kupfer eine 4 bis 5 mal so groſse Capaci-

1 Vgl. dieses Wörterbuch III. B. 1. Abthl. S. 273.

tät für die E. hat, als das Zink, so zieht es die E. so vielmal stärker an, und so mufs der gröfste Theil des überschüssigen + E zum Kupfer übergehen, der kleinere Theil aber geht durch das Zink und dessen Leitung nach der Erde verloren. Bei umgekehrter Anordnung soll der gröfste Theil des überschüssigen + E mit dem — E des Kupfers in den Erdboden gehen und nur der kleinere Theil des + E in das Zink übergehen, dort einen eben so kleinen Antheil von dessen — E binden, und der überschüssige gröfsere Theil dieses — E soll sich am Condensator zeigen. Die Säule bildet sich, indem ein zweites gleiches Ele- Fig. 145.
ment auf das erste gelegt wird. Hier soll nun die durch Oxydation des Z^1 in der Flüssigkeit entstandene einfache E. in K^1, und die in der Flüssigkeit durch die Oxydation in Z^2 entstandene + E in K^2 übergehen. Aber es stehen — E in Z^2 und + E in K^1 einander gegenüber und wirken vertheilend auf einander. Die — E auf Z^2 zieht die + E des K^1 der Flüssigkeit 1 und des Z^1 an, und entwickelt am entgegengesetzten Ende dieser Reihe sich vollkommen berührender Leiter eben so viel — E (!), folglich hat Z^1 nun — 2 E. So zieht + E auf K^1 die — E des Z^2, der Flüssigkeit 2, und des K^2 an, und entbindet am andern Ende dieser Reihe von einander vollkommen berührenden Leitern eben so viel + E, folglich hat K^2 nun + 2 E. So geht es von Schicht zu Schicht zu, und es ist klar, dafs so wie zwischen K^1 und Z^2 (der Mitte dieser einfachsten Säule von zwei Schichten) 0 E. statt findet, dieses gleichfalls in der Mitte einer grofsen Säule von vielen Schichtungen statt finden müsse. Aber das Spiel aller dieser Elektricitäten geht verloren, wenn nicht Z^1 oder K^2 mit der Erde in Verbindung stehen, weil + E und — E sich dann einzeln in jeder Schichtung wechselseitig zu binden Zeit haben.

Diese Theorie streitet sowohl mit den anerkanntesten Erfahrungen im Gebiete des Galvanismus als auch mit den ausgemachtesten Gesetzen der E. Parrot leugnet nämlich, um seine Multiplication herausbringen zu können, die wechselseitige Erregung der E. durch die blofse Berührung der Metalle unter einander, ohne alle Mitwirkung eines chemischen Processes, die doch eine so festbegründete Thatsache ist, als eine in der Physik [1], er nimmt seine Zuflucht zu einer verschiedenen Capacität

1 Vgl. Nr. 6 — 10.

für E., welcher die bekanntesten Erfahrungen widersprechen [1], und die selbst zugegeben nicht im Stande seyn würde, die Anhäufung von +E im Kupfer begreiflich zu machen, da die Capacität des mit dem Erdboden in Verbindung stehenden Zinks doch immer eine unendliche Gröſse gegen die einer einzelnen Kupferplatte seyn muſs, wie groſs auch die relative Capacität derselben seyn mag. Es steht ferner mit den anerkannten Gesetzen der Vertheilung im Widerspruche, daſs die —E in Z^2 die + E im Kupfer, in der Flüssigkeit und im Z^1 anziehe, und am Ende dieser Reihe eben so viel —E entwickle, indem das Product der vertheilenden Wirkung stets eine Function des Abstandes ist, auf welche die vertheilende Kraft wirkt, weſswegen dann das —E an dem entgegengesetzten Ende in dem Verhältnisse kleiner ausfallen müſste, in welchem die Metallplatten und feuchten Zwischenleiter dicker wären, welchem doch jeder elektroskopische Versuch widerspricht. Dabei ist es eine durchaus nicht zu rechtfertigende Annahme, daſs die Mittheilung der E. von einem Metalle zum andern wegen der wenigen Berührungspuncte so viele Schwierigkeiten habe, daſs *für einige Zeit* die Wirkung derselben auf einander als durch Vertheilung geschehend angenommen werden könne. Denn wenn Parrot als einen Beweis dafür anführt, daſs selbst wohl polirte ebene, einander berührende Metallplatten sich die E. nur mit Schwierigkeit mittheilen, ohngeachtet diese verhältniſsmäſsig sich noch in den meisten Puncten berühren, so ist der Grund hiervon in einer ganz andern Relation [2] zu suchen, da von rauhen Metallplatten es ausgemacht ist, daſs die Mittheilung der E. von der einen zur andern mit Leichtigkeit geschieht; auch müſste nach Parrot demnach die Beschaffenheit der Berührungsfläche der Metalle mit einander auf die elektroskopischen Aeuſserungen der Säule ihren Einfluſs äuſsern, welchem die Erfahrung durchaus widerspricht. Wenn endlich nach Parrot das Spiel der E. in der Säule verloren gehen soll, wenn nicht der eine oder der andere Pol mit dem Erdboden in Verbindung stehe, so läſst sich damit die ausgemachte Erfahrung, daſs eine auch auf das vollkommenste isolirte Säule Tage und Wochen lang ihre elektro-

1 Vgl. dieses Wörterbuch III. Bd. 1. Abth. S. 273.

2 Vgl. *Spitzenwirkung*,

skopischen Aeuſserungen ungeschwächt zeigt, nicht wohl in Uebereinstimmung bringen.

107. Becquerel[1] hat gleichsam einen Zwischenweg zwischen dieser Theorie Parrot's und der in Nr. 103. und 104. abgehandelten Vertheilungstheorie eingeschlagen, indem er die Vervielfachung als das Product der combinirten Wirkung der Metalle auf einander und derjenigen des feuchten Zwischenleiters auf die Metalle betrachtet. Wenn zwischen einer Zink- und Kupferplatte ein flüssiger Leiter, sey es nun ein acider oder alkalischer, gebracht wird, so nimmt nach Becquerel's Versuchen das Kupfer +, das Zink —E an, und beide Metalle verhalten sich also auf eine entgegengesetzte Weise, als wenn sie sich einander unmittelbar berühren. Es werden nun durch $+\delta$ und $-\delta$ die el. Zustände dieser beiden Metalle dargestellt, wenn sie durch eine saure Auflösung von einander getrennt sind, und durch $-\frac{1}{2}$ und $+\frac{1}{2}$ die Quantitäten von E., welche sie durch ihre wechselseitige Berührung erhalten. Nun lege man auf die Zinkscheibe des Elements K f Z eine Kupferscheibe, diese wird auſser dem $-\frac{1}{2}$E, welche sie dem Zinke entzieht, mit ihr die E. $= -\delta$ theilen, welche das Zink vorher besaſs, auſserdem wird die Flüssigkeit als Leiter auf die erste Kupferscheibe $+\frac{1}{2}$ des Zinks übertragen, so daſs demnach die el. Zustände folgende seyn werden:

Unteres Kupfer.	Flüssigkeit.	Zink.	Oberes Kupfer.
$+\frac{1}{3}+\delta$	-	-	$+\frac{1}{3}-\frac{\delta}{2}-\frac{2}{3}-\frac{\delta}{2}$

Fügt man eine neue nasse und eine Zinkscheibe hinzu, so wird man haben:

Unteres Kupfer.	Flüssigkeit.	Zink.	Kupfer.	Flüssigkeit.	Zink.
$+\frac{1}{2}+\delta$	-	-	$+\frac{1}{2}$ $-\frac{1}{2}$	-	$-\frac{1}{2}-\delta$ u. s. f.

woraus deutlich erhellet, daſs die elektromotorischen Actionen der Flüssigkeiten auf die Metalle, welche die Volta'schen Paare bilden, dahin streben, die el. Spannungen der verschiedenen Elemente der Säule zu vermehren. Dabei läſst es Becquerel dahin gestellt seyn, welchen Einfluſs etwa noch die chemische Action der Flüssigkeit auf die Ladung der Säule, oder die Schnelligkeit des Stromes bei Entladung der Säule selbst haben möchten, da die nöthigen Data bis jetzt uns noch fehlen.

1 Annales de Chemie et de physique T. XXV. p. 186.

In der Uebersetzung dieser Abhandlung in Schweigger's Journale[1] hat der Herausgeber die erste Reihe Becquerel's nach seinen Prämissen so berichtigt:

$$-\tfrac{1}{2}+\delta \quad . \quad . \quad +\tfrac{1}{2}-\frac{\delta}{2}-\tfrac{1}{2}-\frac{\delta}{2}$$

und glaubt, daſs die von mir nach dem Originale angenommene Reihe auf einem Druckfehler beruhe. Indeſs ist gerade jene Zahlenreihe eine nothwendige Folge der Prämissen, denn da die Metalle Elektricitäten aus dem 0 hervorgehen, und wieder 0 geben müssen und das Zink seine + E mit dem untern Kupfer theilt, auch die Zahlen $+\frac{1}{2}$ und $-\frac{1}{2}$ überhaupt nur gebraucht sind, um den Spannungsunterschied zwischen Z und K, welcher mit ihrer Berührung gegeben ist, zu bezeichnen, so ist allen diesen Forderungen nicht eher Genüge geleistet, oder es ist nicht eher Ruhestand eingetreten, als bis die E. auf die angegebene Weise vertheilt ist. Uebrigens hat Becquerel in einer spätern Abhandlung[2] behauptet, daſs das Kupfer mit Kochsalz und Salpeterauflösung negativ werde, so daſs wenigstens in Säulen, in welche diese als Zwischenleiter eingehen, die Verstärkung nach dem angegebenen Schema nicht statt finden würde.

108. Pohl, welcher, wie wir gesehen (Nr. 64.) die galvanisch-elektrische Erregung von der Wirkung der Metalle auf die flüssigen Leiter ableitet, und die Wirkung der Metalle auf einander gleichsam nur als einen Reiz betrachtet, welcher diese Wirkung verstärkt, stellt gleichfalls wie Parrot, und wie es in den ersten Zeiten von einigen deutschen Physikern geschehen war, als das Schema des Elements, dessen Vervielfachung die Säule bildet, die Formel Z f K auf, in welchem der — Pol mit dem Zinke der + Pol mit dem Kupfer zusammenfällt; oder wie Z und K allgemein, jenes das im Contacte mit dem andern positiv, dieses das negativ werdende repräsentirt, so soll jedesmal der — Pol auf die Seite des positiven, der + Pol auf die Seite des negativen fallen, wenn sie auf die angegebene Weise mit einem feuchten Erreger zusammen gebracht werden, und zwar sowohl im ungeschlossenen als geschlossenen Zustande besagter Aneinanderreihung[3]. Werden zwei solche Elemente an

1 N. R. XIV. 168. — 170.

2 Ann. de Chemie 1827. Juin. p. 121.

3 Der Proceſs u. s. w. S. 90.

einander gereiht, und wird das Maximum der positiven Erregung, wie es blofs aus dem Conflicte der Flüssigkeiten mit den Metallen hervorgeht, vor der Combination in jedem einzelnen Elemente durch $+\delta$, und eben so das Maximum der negativen durch $-\delta$ bezeichnet, so ist bei zwei combinirten Elementen, ohne fürs erste noch Rücksicht auf die Contactelektricität der Metalle zu nehmen, durch die wechselseitige Berührung in der Mitte eben so, als wenn jedes Element dort blofs ableitend berührt wäre, die Intensität der Erregung an den beiden Extremen verdoppelt, und der Zustand der zusammengesetzten Säule in Absicht auf die Vertheilung der el. Erregung durch folgendes Schema dargestellt:

$$+2\delta \qquad \overbrace{-\delta \quad +\delta}^{0} \qquad -2\delta$$
$$K \qquad fZ \qquad K \qquad fZ$$

Da nun nach Pohl vermöge der Spannung durch die zugleich eintretende Contactelektricität zwischen dem mittlern Z und K jedes δ nicht nur nicht aufgehoben, sondern vielmehr noch sehr beträchtlich um ein mit ihm gleichartiges δ' vergröfsert wird, und also, wenn man $\delta + \delta' = E.$ setzt, in dieses E. übergeht, so verwandelt sich jenes Schema in ein solches, wo statt δ, E. substituirt werden mufs. Völlig nach demselben Vertheilungsgesetze ist dann der Zustand einer aus drei Elementen zusammengesetzten Kette durch folgendes Schema dargestellt:

$$+3E. \qquad \overbrace{-E+2E}^{+E} \qquad \overset{o}{-} \qquad \overbrace{2E+E}^{-E} \qquad -E$$
$$K \qquad f\ Z \qquad K \qquad f \qquad Z \qquad K \qquad f \qquad Z$$

Auf dieselbe Weise construirt Pohl jede auch noch so zusammengesetzte Säule, und gelangt zu den Spannungen, wie sie auch durch unmittelbare Versuche bewiesen ist; nur, bemerkte er, müsse man sich nicht vorstellen, dafs darum in der einen Hälfte blofs positive, in der andern blofs negative Thätigkeit sey, sondern in beiden Hälften seyen beide zugleich, nur dafs von dem negativen nach dem positiven Pole, die positive allmälig wachse und die negative eben so allmälig abnehme und so umgekehrt. Da die Pole der Säule ganz übereinstimmen mit den Polen des Elements derselben, so ist auch in ihr der Kupferpol der positiven und der Zinkpole der negativen, sofern die Pole nach der

Lage der Metalle nicht in Beziehung auf einander, sondern allein naturgemäfs in Beziehung auf die Feuchtigkeit, von welcher allein die eigentliche el. Erregung ausgeht, oder auf welche sich diese Erregung bezieht, bestimmt werden; in der Säule nimmt daher nach dem negativ elektrischen Pole, dem wahren Zinkpole, die Oxydation zu, da eben die Tendenz des negativen ist, sich zu oxydiren, das Oxygen oder Acide anzuziehen, und eben so die Hydrogenisation oder die Desoxydation nach dem positiven Pole oder dem wahren Kupferpole. Die Schwierigkeit, dafs bei der Schliefsung der Säule an dem positiven oder Pohl's Kupferpole vielmehr das Oxygen, an dem negativen oder seinem Zinkpole das Hydrogen auftritt, also hier dieselben Elektricitäten die entgegengesetzten Tendenzen, wie in der einfachen Kette, oder der zum Kreise geschlossenen, aus zwei homologen Gliedern bestehenden, Säule zeigen, in deren einfachen Elementen Z f K gerade alles so vorgeht, wie in der einfachen Kette, glaubt Pohl durch die Annahme zu lösen, dafs so, wie ein Metall, wodurch der feuchte Leiter eines einzelnen Elements unterbrochen wird, in zwei entgegengesetzte polaren Zonen zerfällt, eben so auch die einzelne Kupferplatte, die in der ungeschlossenen Kette diese am positiven Pole endigt, und durch und durch positiv ist, beim Auflegen einer feuchten Pappscheibe auf dieselbe sogleich auf ähnliche Weise in zwei Zonen zerfalle, wovon die eine nach einwärts gekehrt sey, die andere sich nach aufsen richte, und eben darum nun eine oxydirende Tendenz gegen die Flüssigkeit wende, was dann auf die entgegengesetzte Weise für das Zink gelte. Wenn wir auch diese Prämissen zugeben wollten, so können wir doch in der Anwendung derselben keine befriedigende Erklärung der Säule finden, und sein Ariadnischer Faden, welcher[1] nicht nur ohne Gefahr, sondern selbst zum Siege gegen die monströsen Mifsgestaltungen des Trugs durch das verworrene Labyrinth der Erscheinungen führen soll, scheint ihn vielmehr nur auf Irrwege und in viel schlimmere Labyrinthe verleitet zu haben. Wir sehen 1. auf keine Weise ein, wie nach seinem Schema eine Vervielfachung der Wirkung durch die Aneinanderreihung mehrerer Ketten zu Stande kommen kann; denn wenn, um die kleinste Volta'sche Säule zu Stande zu bringen, zwei seiner Elemente wie K f Z; K′ f Z′ an einan-

1 a. a. O. S. 138.

der gereiht werden, so ist nicht abzusehen, wie die Wirkung des Z auf das K' und umgekehrt, die Spannung an den Enden K und Z' verstärken (verdoppeln) soll, da Pohl an einem andern Orte [1] behauptet und auch zu erklären sucht, dafs die positive Spannung einer mit einer feuchten Pappscheibe (f) in Berührung befindlichen Kupferplatte erhöht werde, wenn die andere Seite nun auch mit einer Zinkplatte bewaffnet werde, vermöge der Hervorrufung einer positiven Spannung in der Flüssigkeit an der dem Zinke zugekehrten Seite, und einer entsprechenden an der Kehrseite. Da nun nach Pohl das — des Z durch das + des daran grenzenden Kupfers auf 0 gebracht wird, so müfste die Spannung des Kupfers, die ja durch ihren Gegensatz erhöht war, vielmehr sinken, wenn dieser Gegensatz selbst auf 0 sinkt. Dasselbe Räsonnement gilt in Beziehung auf die Erklärung der Erhöhung der relativen Spannung in Z'. Am wenigsten sieht man ein, wie es gerade zu einer Verdoppelung kommen soll, für welche die Volta'sche Theorie, welcher Pohl dieselbe abgeborgt hat, einen vollkommen bündigen Grund anzugeben im Stande ist, aber in den Prämissen Pohl's durchaus keiner liegt, da er doch auf keine Weise annehmen kann, dafs in dem Elemente ZfK das $-\delta$ und $+\delta$ auf beiden Seiten stets einander gleich sind, weil daraus folgte, dafs alle Metalle, die mit irgend einer Flüssigkeit positiv, und alle, die mit derselben negativ werden, es in *gleichem* Grade werden. 2. Da Pohl durchaus keinen andern Unterschied zwischen el. Spannung, und dem, was die gemeine Reflexion (nach seinem Sprachgebrauche) el. Strom nennt, der nach ihm überall nur ein monströses Trugbild jener Reflexion ist, gelten läfst, als einen blofs gradativen, oder zwischen Tendenz und wirklicher That, die blofse Spannung aber zur That, oder zum Chemismus ausbricht, sobald sie auf einen gewissen Grad gesteigert wird, wie z. B. bei der Schliefsung der Kette durch den Reiz der Metallelektricität, so sieht man nicht ein, warum die Säule, in welcher mit der Zahl der Platten die Spannung wächst, nicht bald den gleichen Punct der Steigerung, wie die einfache Kette durch die Schliefsung, erreicht und auch schon im ungeschlossenen Zustande die Erscheinungen dieser letztern zeigt; warum namentlich nicht durch die blofse Einführung eines Drahtes von

1 S. 65 — 66. ff.

dem einen, namentlich dem —el., Pole aus in eine isolirte Glasröhre, deren Wassersäule am andern Ende durch ein positives Metall begrenzt ist, während zugleich der andere Pol ableitend berührt wird, eine auffallende Wasserzersetzung erfolgt.

3. Die Erklärung Pohl's von der Verwandlung des vorher in der ungeschlossenen Säule positiven Kupferpols und seines Polardrahtes in einen nach aufsen negativen, und des vorher negativen Zinkpols in einen nach aufsen positiven, wenn zwischen beide Pole eine Flüssigkeit, z. B. die Wassersäule der Gasröhre, tritt, nach dem Gesetze, nach welchem ein die Flüssigkeit unterbrechendes Metall selbst Polarität annimmt, oder in zwei Zonen zerfällt, scheint mir gänzlich verfehlt, denn im letztern Falle unterliegt das interpolirte Metall den Ansprüchen und Anregungen der beiden entgegengesetzten Pole, während in dem vorliegenden Falle die Endkupferplatte und der mit ihr verbundene Polardraht, welche ihre äufsere Seite dem negativen Pole der entgegengesetzten Zinkplatte zukehren, nach jenem Gesetze der Erregung des Gegensatzes, nur um so stärker positiv werden müfste, und so umgekehrt der Zinkpol nur um so stärker negativ.

Dieses führt uns noch zur Beleuchtung eines Versuchs[1], durch welchen Pohl seine Theorie der Polarisirung der Metallplatten durch die Flüssigkeit, die an sie angrenzt, auf eine glänzende Weise bestätigt zu haben glaubt, eines Versuchs, dessen Resultat, wenn es sich so verhielte, wie Pohl es angiebt, allerdings mit Volta's Theorie kaum zu vereinigen wäre. Man
Fig. bilde eine einfache galv. Kette, indem man zwischen ein Ku-
146 pfer- und Zinkblech K und Z von ungefähr 6 Zoll im Quadrat mehrere gleich grofse und gleich stark mit der Flüssigkeit (verdünnter Schwefelsäure) durchzogene Pappscheiben, etwa 7 Stück über einander legt. Zwischen die Pappscheiben werden ferner eine entsprechende Zahl von Kupferblechen bei 7 Scheiben höchstens 6 Bleche a, b, c, d, e, f, von solcher Gröfse eingeschaltet, dafs sie mit trockenen Rändern überall über die Pappscheiben etwas hervorstehen, und so geordnet, dafs jedes Kupferblech von jedem benachbarten Bleche durch eine feuchte Pappscheibe getrennt ist. Man verbinde die Kupferbleche paarweise, wie es in der Zeichnung versichtbart ist, durch metalli-

1 S. a. a. O. S. 401.

sche Schliefsungsdrähte, das äufsere Paar a und b durch den Draht 1, das zweite Paar c und d durch den Draht 2, das dritte Paar e und f durch den Draht 3, und schliefse das eigentliche Erregerpaar K und Z durch den um die Magnetnadel geschlungenen Multiplicator. Die Nadel wird dann eine zwar durch die Zwischenplatten geschwächte, aber dennoch völlig entschiedene, normale Ablenkung erleiden. Steht die Nadel im Süden der Kette, und ist das mit dem Kupfer K verbundene Extrem des Multiplicators über die Nadel von Norden nach Süden geführt, so dafs der Draht unter ihr wieder von Süden nach Norden zum Zink Z der Kette zurückgeht, so ist die Abweichung der Regel gemäfs östlich. Verbindet man aber K und Z durch einen einfachen Draht, und dagegen die Armaturen a und b, nachdem der Verbindungsdraht 1 fortgenommen worden, durch den Multiplicator, so dafs das Ende desselben, welches früher mit K verbunden war, jetzt an a, und eben so das Ende, welches mit Z verbunden war, jetzt an b anliegt, so wird die Nadel westlich abgelenkt. Verbindet man aufs Neue a und b durch den Draht 1, und legt statt des Drahtes 2 den Multiplicator in der nämlichen Ordnung der Extreme an c und d, so also, dafs das eine vorher mit a verbundene Extrem jetzt an c, das andere von b jetzt an d anliegt, so ist die Abweichung wieder östlich, und nachdem die Verbindung 2 wieder hergestellt worden, so ist, wenn e und f in der nämlichen Ordnung durch den Multiplicator verbunden werden, die Abweichung der Nadel abermals der vorhergehenden entgegengesetzt, nämlich westlich u. s. f. Gegen die Mitte hin werden diese Abweichungen stufenweise schwächer, dennoch völlig entschieden und höchst constant. Die Zeichen, womit die Figur versehen ist, deuten zugleich die Erklärung dieses Erfolgs nach Pohl's Theorie der Polarisation der Metalle durch Vermittelung der Flüssigkeit an. a und b, da sie metallisch verbunden gleichsam nur eine Scheibe bilden, theilen zwischen sich die Polarität, und jede Scheibe stellt nur einen Pol vor. Die Polarisirung, die von den Endscheiben K und Z ausgeht, schreitet auf diese Weise von den Enden nach der Mitte so fort, dafs die abwechselnden Metallplatten eine ungetheilte Polarität haben. Da nun in a und b die Pole in Beziehung auf den Multiplicator die entgegengesetzte Lage wie in K und Z haben, so müssen sie auch die entgegengesetzte Ablenkung (die westliche), c und d bei der gleichen

Lage der Pole die gleiche (die östliche) endlich e und f abermals die entgegengesetzte hervorbringen. Diese Construction der Erscheinung wäre sehr plausibel, wenn sich die Sache wirklich so verhielte. Die Wahrheit ist aber, daſs die Nadel in allen 3 Lagen 1. 2. 3. unter den oben angegebenen Bedingungen, wenn nämlich die Enden der Drähte auf die gleiche Weise mit dem Multiplicator verbunden sind, die gleichnamige Ablenkung und in allen 3 Fällen die entgegengesetzte von derjenigen zeigt, als wenn sie mit dem Drahte von K und Z verbunden ist. Der Erfolg nach allen seinen Modificationen stimmt genau mit dem überein, was sich nach VOLTA's Theorie anticipiren lieſs. Von K nach Z geht der Strom durch den Multiplicator offenbar in einer entgegengesetzten Richtung über die Nadel weg, da er hier (ich fasse den positiven zunächst ins Auge) abwärts geht, als auf seiner Rückkehr von Z nach K durch die Kette, wo er aufwärts geht, also müssen die Abweichungen entgegengesetzt seyn. Dabei muſs die Abweichung dem Grade nach immer schwächer werden, wie die Drähte näher nach der Mitte zu liegen, weil ein verhältniſsmäſsig immer kleinerer Theil des Stromes wegen des zunehmenden Widerstandes von den Enden nach der Mitte zu durch die Kette durchgeht. Wie nun aber POHL ein so ganz entgegengesetztes Resultat von dem meinigen erhalten haben konnte, darüber kann ich mich hier in keine Vermuthungen einlassen. Für mich ist jeder Einwurf, der von diesem Versuche gegen VOLTA's Theorie hergenommen werden könnte, durchaus nichtig, da ich für die Genauigkeit meines durch öftere Wiederholung constatirten Resultats einstehen kann.

109. SCHWEIGGER [1] suchte das Princip der Säulenwirkung in der Aneinanderreihung polarisch gespannter Schichten eines zersetzbaren Fluidums, dessen entgegengesetzte Bestandtheile aus einander treten. Ihm ist die Säule ein el. Magnet, entstanden durch die Aneinanderreihung verschiedener kleinerer, die sich durch die ungleichnamigen Pole zusammenschlieſsen. Diese kleineren Magnete sind die mit den ungleichnamigen Polen sich verbindenden el. polarischen Wasserschichten. Es sey klar, meint SCHWEIGGER, daſs indem bei + Wasser — + Wasser —, die mittleren — und + sich zusammen schlieſsen, sich halten, die entgegengesetzten + — verstärkt werden müssen.

1 Gehl. N. J. VII. 557

Somit wäre der feuchte Leiter nichts weniger als Leiter, sondern seine Hauptrolle bestände darin, dafs er zwischen den in ihrer el. Wahlanziehung verschiedenen Leitern (Zink und Kupfer) in den Zustand des Turmalins geriethe. Diese entgegengesetzten el. Zustände der Wasserschichten heben sich abwechselnd auf (Entladung der Säule) und erneuern sich wieder. SCHWEIGGER suchte diese Ansicht vorzüglich durch jene galv. Combinationen, von denen schon oben (Nr. 102.) die Rede gewesen ist, zu begründen und in ein helles Licht zu stellen. Dafs die Uebereinanderschichtung K Z K′ W K Z K′ keine Wirkung gebe, erklärt er daraus, dafs keine polarische Wasserschichten entstehen können, indem W an zwei gleichartige Metalle anspült, und so wie hier gar keine Wasserpolarität entsteht, so entstehen in andern Fällen entgegengesetzte, d. h. die polarischen Wasserschichten schliefsen sich nicht mit den ungleichnamigen Polen zusammen, sondern repelliren sich mit den gleichnamigen. Die Aufregung dieser Wasserpolarität soll von dem Oxydationsprocesse in der Säule von dem sich oxydirenden Metalle ausgehen, wie wir denn keine Volta'sche Säule absolut ohne alle Oxydation kennen. Das mehr oxydirbare Metall soll der Erreger jener el. Spannung im Wasser seyn, worauf die Polarität der einzelnen Wasserschichten in der Säule beruht, eine Spannung, welche gegen K (doch nur im Wasser und vermittelst des Wassers?) gerichtet ist. Wenn nun Z der Erreger jener Spannung sey, so sey klar, dafs ein solcher Erreger Z gegen mehrere K spannen könne, umgekehrt, wenn mehrere Z bei einem K vorhanden sind, so werde dennoch blofs diejenige Gröfse der Spannung eintreten können, welche das eine K aufzunehmen fähig ist. Bei Combinationen, wie die oben angegebene, sey in jeder Wasserschicht doppelte Spannung, nämlich die des Z gegen K′, welche, da Z mit K′ in demselben Fache sich befindet, sogleich entladen wird, und die des Z gegen K^2, welche in die Batterie eingeht. Die polarischen Wasserschichten zwischen den einzelnen Z und K^2 schliefsen sich mit ungleichnamigen Polen zusammen, und ihnen verdankt die entstehende Spannung ihren Ursprung. Dagegen ist in der Combination 5 Nr. II. nur eine Spannung K Z′, die jedoch, weil sie schon eine geschlossene Kette bildet, zur Erzeugung einer Batterie unwirksam ist, Fig. 140
denn zwischen K und Z^2 kann wegen Repulsion der gleichnamigen freien Elektricitäten des Z^1 und Z^2 keine Spannung ein-

treten, besonders da die E. des Z bei der geschlossenen Kette KZ' offenbar von überwiegender Stärke ist. Sonach da hier keine polarische Wasserschichten entstehen können, die sich zur Bildung der Batterie zusammenschliefsen, wird dieser Apparat ohne Wirkung seyn müssen, wie auch die Versuche auf das entscheidendste (vgl. Nr. 102.) beweisen. Einen neuen Beweis der Richtigkeit dieser Erklärung findet Schweigger in
Fig. 148. der Combination, welche eine Abänderung der zuletzt erwähnten ganz unwirksamen ist, denn hier können zwischen K' und Z ungehindert Wasserpolaritäten entstehen, die sich an einander reihend zur Batterie verbinden, welche Batterie aber nicht stärker seyn kann und auch nicht stärker ist, als die Batterie der
Fig. 140. Combination Z, da in jedem Fache zwei Z gegen ein K spannen, die eine Spannung aber zwischen K und Z continuirlich entladen wird, folglich nur die Hälfte der Spannung zurückbleibt, welche K nach der Gröfse der Fläche, die es darbietet, aufzunehmen im Stande ist. Jene unwirksame Batterie kann man auch dadurch wieder in eine wirksame verwandeln, dafs man sich kleinerer Zink- und gröfserer Kupferplatten bedient, die auf allen Seiten neben den Zinkplatten hervorragen, weil dann die Repulsion der E. in Z sich nicht so weit erstreckt, um der Spannung zwischen den hervorragenden Theilen des K und des gegenüberliegenden Z^2 in Weg zu treten. Vorzüglich beruft sich Schweigger noch auf folgende zwei Versuche, die er zugleich als einen unumstöfslichen Einwurf gegen die Volta'sche Theorie betrachtet. In einen hölzernen,
Fig. 149. wohl ausgekitteten Trog sind die Kupferplatten $K^2 K^1 K^3$ und die Zinkplatte Z von etwa $2\frac{1}{2}$ Quadratzoll so eingekittet, dafs sie drei Zellen bilden, deren Flüssigkeit auf keine Weise mit einander communicirt. Von K^2 K^3 gehen in ein Gefäfs h Messingdrähte m m, die mittleren Platten K^1 Z sind durch einen Draht mit einander verbunden, so dafs sie einen einfachen Volta'schen Elektromotor bilden. Füllt man alle drei Zellen und das untere Gefäfs mit heifsem schwefelsaurem Wasser, so hat man an dem Drahte m^2 Wasserstoffgasentwicklung, und der Draht m^1 oxydirt sich. Nach Volta's Theorie findet hier gleichsam eine doppelte Entladung des einfachen Elektromotors ZK^1 statt, nämlich einmal nach einwärts in der Zelle y, in welcher sich + von β und — von γ immerfort in der Flüssigkeit ausgleichen, und nach aufsen, wo auf dem längeren Wege durch

die Flüssigkeit in x, K^2, den Messingdraht m^1, die Flüssigkeit in h, m^2, K^3 und die Flüssigkeit in v, das + auf α sich mit dem — auf δ eben so ausgleicht. Legt man nun einen nassen wollenen Streifen S, der durch eine punctirte Linie angezeigt ist, über K^1 und verbindet dadurch die Flüssigkeiten in y und v, so wird die Gasentwicklung in h fast gänzlich aufhören. Legt man dagegen denselben wollenen Streifen über Z, und setzt x und y in Verbindung, während die Flüssigkeiten in y und v keine Gemeinschaft mehr haben, so wird die Gasentwickelung in h so gut wie nicht vermindert seyn. Wenn man daher im Sinne der Volta'schen Theorie den Erfolg des ersten Versuchs davon ableiten wollte, daſs nunmehro — E in δ sich gegen + E an β mittelst des nassen Streifens entlade, und folglich nicht mehr nach auſsen in der Richtung nach K^3 wirken könne, so steht damit der zweite Versuch im Widerspruche, wo eine gleiche Entladung des + E an α durch dieselben nassen Streifen hätte erfolgen, und folglich auch hier die Wirkung nach auſsen für einen zweiten Kreislauf hätte aufhören müssen. Dagegen erklärt sich alles sehr befriedigand aus der Theorie der polaren Wasserschichten. Sobald nämlich y und v Communication haben, so stöſst Z auch gegen K^3 seine positive basische Auflösung (im Sinne der in Nr. 63. dargestellten Theorie Jaeger's), statt daſs vorher dem K^3 von K^1 die positive Auflösung entrissen und negative saure zugeführt wurde. Nun ist also die Polarität in y v, welches jetzt als ein einziges Fach anzusehen ist, dieselbe wie in x, und beide polare Wasserschichten stehen sonach mit gleichnamigen Polen sich wechselseitig repellirend gegen einander, statt sich zur Kette zusammen zu schlieſsen. Doch wird, wenn man die mit der Flüssigkeit in Verbindung stehende Oberfläche von K^1 sehr viel gröſser nimmt, als von Z, noch einige Wirkung vorhanden seyn, weil dann Z unvermögend seyn wird, das ganze K^1 in Action zu setzen, oder dieses doch noch immer einige positive Auflösung von K^2 an sich reiſst, eben weil es durch Z nicht reichlich genug damit versehen wird. Im zweiten Falle dagegen wird K^1 mehr als hinreichend positiv elektrische (basische) Flüssigkeit von der ihm zugekehrten Seite β des Zinks erhalten, und wenig oder nichts von der an α zu sich hinüberreiſsen. Letztere wird also eben so wie vorher schon gegen K^2 repellirend wirken, wodurch die polarische Wasserschichte in x in ihrer vollen Stärke entstehen kann.

Endlich glaubt Schweigger durch seine Theorie der polaren Wasserschichten die Hemmung aller Wirkung eines einfachen Fig. 84. Elektromotors, wenn sein feuchter Leiter durch Gold oder Platin unterbrochen ist, befriedigend erklären zu können. Verbindet ein nasser Streifen die beiden Gefäſse, so ist, da eine einzige polare Wasserschicht sich zwischen zwei heterogenen Metallen befindet, die galvanische Kette vollständig; wird aber der Metalldraht x als Leiter gebraucht, so gehört zur vollständigen Kette, daſs sowohl zwischen a und c in dem einen, als auch zwischen d und b in dem andern Gefäſse eine polare Wasserschicht entstehe. Dieses findet aber bloſs dadurch statt, daſs der Metalldraht x selbst polarisch wird. Dieses ist sehr leicht möglich, wenn er sich in einer ihn oxydirenden Flüssigkeit befindet, denn da jede Oxydation ein galvanischer Proceſs ist, bei welchem, wie Jaeger's Versuche darthun (s. Nr. 40.) negative und positive Pole vorhanden sind, so braucht nun auf der einen Seite des verbindenden Drahtes x, an d nämlich, die positive, an der andern in c dagegen die negative Polarität erhöht zu werden, damit an c der Hydrogen- an d der Oxygenpol auftrete. Weit gröſsere Kraft der E. ist natürlich nöthig, um diese Polarität des verbindenden Drahtes x einzuleiten, wenn, wie bei einem Golddrahte der Fall ist, nicht durch die Oxydation schon positive und negative Polarität vorbereitend gebildet sind. Auch erklärt sich auf diese Weise sehr befriedigend, warum ein positiver Eisendraht und negativer Platindraht in der Gasröhre ein viel gröſseres Product geben, als Platindraht auf beiden Seiten.

Gegen diese Darstellung Schweigger's läſst sich vor allen Dingen der Einwurf des Mangels von Klarheit machen. Es scheinen nämlich ganz verschiedene Erklärungsprincipien mit einander vereinigt, ohne die nöthige Sonderung, durch welche jedem derselben sein Antheil an der Entstehung der Phänomene angewiesen wird. Diese verschiedenen Principien sind das Volta'sche, nach welchem die Metalle selbst einander in ihrer Berührung el. erregen, diese Erregung auf die Flüssigkeit übertragen, und letztere dadurch polarisiren; alsdann, wie es scheint, das chemische, nach welchem die Metalle an und für sich und auch auſser dieser Berührung einen polaren Proceſs in den Flüssigkeiten hervorrufen, und zwar das Kupfer einen vorherrschend negativen, das Zink einen vorherrschend positiven. Demnächst ist eine bloſse Parallelisirung der Säule mit einem

größeren Magnete und die Zusammensetzung derselben aus vielen kleineren mit ihren ungleichnamigen Polen sich an einander schließenden Schichten keine eigentliche Construction, nach welcher man sich einen deutlichen Begriff von den elektroskopischen Verhältnissen derselben machen kann. Auch scheinen mir die von Schweigger gegen die Volta'sche Theorie aufgestellten Einwendungen, namentlich die von den zuletzt angeführten Versuchen hergenommenen, keine so unumstößlich, daß man deswegen diese Theorie einer offenbar unbestimmten Ansicht aufopfern sollte. Der verschiedene Erfolg in jenen beiden Versuchen erklärt sich nämlich nach Volta's Theorie befriedigend, sobald man auf den Umstand Rücksicht nimmt, daß die Thätigkeit von viel Kupfer durch wenig Zink, aber nicht umgekehrt die Thätigkeit von viel Zink durch wenig Kupfer erschöpft oder ausgeglichen wird. In dem ersten Versuche konnte die eine Fläche β des Z vollkommen die Thätigkeit von den beiden Oberflächen des Kupfers v und δ ausgleichen, oder alle E., welche diese zwei Flächen hergaben, mit denen sie in einer und derselben Flüssigkeit sich befand, aufnehmen und ausgleichen, während in dem zweiten Versuche die eine Oberfläche des Kupfers v nicht hinreichte für die Menge E., welche das Zink von seinen beiden Oberflächen α und β hergab, so daß also in diesem Falle für die Circulation nach außen noch genug übrig blieb. Am wenigsten sieht man ein, wie mit der Annahme solcher polaren Wasserschichten, die sich mit ihren ungleichnamigen Polen zusammen schließen, die Existenz einer Säule, welche durch und durch positive oder durch und durch negative Polarität zeigt, zu vereinigen ist. Hier fehlt auf jeden Fall die Analogie aus der Sphäre des Magnetismus, dessen Parallele doch höchstens nur ein dunkles einem andern Dunkeln gleich setzt.

110. Daß bis in die neuesten Zeiten noch keine vollkommene Uebereinstimmung der Physiker in der Erklärung der Erscheinungen des Galvanismus statt findet, beweist zur Genüge, daß noch manche Dunkelheiten hier obwalten, deren Zerstreuung ferneren Forschungen vorbehalten bleiben muß. Volta's Princip giebt allerdings eine befriedigende Erklärung für die regelmäßige Zunahme der Spannung in der Säule, so wie auch für die Gesetze, nach welchen durch die Abänderungen der verschiedenen Factoren der Säule und ihrer mannigfaltigen Combi-

nationen der Wechsel ihrer verschiedenen Wirkungen bestimmt werden kann, die Kraft selbst aber, welche hierbei als thätig angenommen wird, ist in gewissem Sinne eine Qualitas occulta, da ihre Abhängigkeit von andern Eigenschaften der Körper und ihr Zusammenhang mit diesen, die sich in so vielen Verhältnissen aussprechen, in tiefes Dunkel gehüllt bleiben. Der Umstand, dafs das elektrisch-galvanische Verhalten der trockenen Erreger in einem so gesetzmäfsigen Zusammenhange mit ihrem chemischen Werthe steht, dafs die el. Spannungsreihe der trokkenen Erreger zugleich auch die Reihe ihrer Oxydirbarkeit, der Gröfse ihrer Verwandtschaft zum Sauerstoff ist, jene Reihe, an deren einem negativen Ende das mit Sauerstoff gleichsam am meisten übersättigte und in seiner Verwandtschaft zu demselben am vollkommensten befriedigte Manganhyperoxyd und am entgegengesetzten positiven Ende das Kalium, die unter allen bekannten Körpern die stärkste Anziehung zum Sauerstoff äufsernde Substanz sich befindet, verbunden mit so manchen andern Erscheinungen von einem gleichen Charakter, die an ihrem Orte angeführt worden sind, mufs das Bestreben, den chemischen und den galvanischen Procefs in eine innigere Verbindung zu bringen, als es durch die Volta'sche Theorie geschieht, stets unterhalten. Indem wir diesem Bestreben volles Recht widerfahren lassen, müssen wir aber zugleich eben so offen gestehen und glauben auch in den früheren Erörterungen den Beweis dafür geliefert zu haben, dafs alle Bemühungen in dieser Hinsicht bis jetzt fruchtlos gewesen sind. Was übrigens in dieser Hinsicht noch zum Für oder Wider ergänzend hinzugefügt werden könnte, wird seine passendste Stelle unter dem Artikel: *Thermomagnetismus* und *Säule, Volta'sche*, besonders bei Gelegenheit der Verhandlungen über die sogenannte *trockene* oder *Zamboni'sche* finden, und bis dahin werden wir auch Gelegenheit gefunden haben, jene wichtigen Versuche Davy's über die Unwirksamkeit von Säulen, in welchen alle Mitwirkung des atmosphärischen Sauerstoffs ausgeschlossen ist, einer neuen Prüfung zu unterwerfen.

IV. Anwendung.

111. Da von der Volta'schen Säule noch in einem eigenen Artikel gehandelt werden wird, und die Anwendungen dersel-

ben sich nach ihrer besondern Construction richten, so verweise ich, was ihre Benutzung betrifft, auf diesen Artikel und beschränke mich hier nur auf die Anwendung der einfachen Kette. Aufser dem eben nicht sehr in Betracht kommenden Gebrauche derselben zur Darstellung von reinem Wasserstoffgas, und zur Ausmittlung des Gehalts von Arsenik oder Kupfer bei Vergiftungsuntersuchungen, oder zur Ausmittlung solcher schädlicher metallischer Beimischungen in Getränken, Arzneien u. s. w. so wie zur Reduction des reinen Silbers aus dem Hornsilber, wovon der Hauptsache nach schon in Nr. 34, 35 und 36 gehandelt worden ist, verdient hier noch die durch Davy in Vorschlag gebrachte und durch Versuche im Grofsen geprüfte und wenigstens zum Theil bewährte Anwendung einer einfachen galvanischen Kette zum Schutze des Kupferbeschlags der Schiffe, und die ärztliche Anwendung der einfachen Kette vorzüglich in der Epilepsie, die wir dem Engländer John Mansford verdanken, eine genauere Erwähnung. Zu den schon oben (Nr. 34.) mitgetheilten Versuchen sind hier noch einige neuere von Davy, die den Gegenstand weiter aufgeklärt haben, nachzutragen [1]. Kupferplatten in Berührug mit $\frac{1}{40}$ oder $\frac{1}{100}$ ihrer Oberfläche von Zink, Eisen oder Gusseisen wurden mehrere Wochen im Hafen von Portsmouth der Bewegung der Ebbe und Fluth ausgesetzt. Hatte der metallische *Bewahrer (Protector)* $\frac{1}{40}$ bis $\frac{1}{100}$ von der Oberfläche des Kupfers, so fand kein Angriff oder Gewichtsverminderung des letzteren Metalls statt, mit kleineren Quantitäten wie $\frac{1}{200}$ oder $\frac{1}{400}$ erlitt das Kupfer einen Abgang, der im Verhältnifs gröfser war, als der Bewahrer weniger betrug, doch schützte selbst $\frac{1}{1000}$ Gufseisen der Oberfläche noch eine gewisse Menge Kupfer. Während das geschützte Kupfer seine glänzende Oberfläche behält, wird das nicht geschützte erst roth, dann grün und verliert einen Theil seiner Substanz in Schuppen. Es fand sich, dafs das Gufseisen am tauglichsten zur Beschützung des Kupfers ist, da es eben so lange wie Zink und geschmeidiges Eisen aushält, der Graphit, der sich an seiner Oberfläche durch die Wirkung des Seewassers erzeugt, seine ursprüngliche Form nicht ändert und seine el. Wirkung nicht hindert, und es

1 Philos. Trans. for 1824. p. 250. und daraus in den Annales de Chimie Tome XXIX. p. 187. und Philos. Trans. for 1825. P. II. p. 325.

zugleich das wohlfeilste und überall leicht zu haben ist. Es setzt sich auf das im negativen Zustande durch den Protector erhaltene Kupfer unter gewissen Umständen aus dem Seewasser ein erdiger Ueberzug ab. Bei der Anwendung von Zink oder Eisen zu $\frac{1}{35}$ bis $\frac{1}{80}$ von der Oberfläche des Kupfers war dieses nach einigen Monaten mit einer weifsen Materie überzogen, die als der Hauptsache nach aus kohlensaurem Kalk, kohlensaurem Talk und Talkhydrat zusammengesetzt erkannt wurde. Eben so verhielt sich der Kupferbeschlag zweier Schiffe, nur dafs, so wie jener erdige Ueberzug sich zu bilden anfing, Seegewächse und Muscheln sich ansetzten. Betrug aber die Oberfläche des Protectors von Zink oder Gufseisen weniger als $\frac{1}{150}$ derjenigen des Kupfers, so bildete sich jener erdige Ueberzug nicht, die Seegewächse setzten sich nicht an, und die Oberfläche des Kupfers, ohngeachtet es in einem geringen Grade gelöst worden war, blieb hell: eine wichtige Erfahrung, da durch sie die Grenzen bestimmt sind, bis zu welchen die schützende Kraft des mehr oxydirbaren Metalls reicht, wodurch der Beweis gegeben ist, dafs eine kleinere Menge desselben Vorzüge vor einer gröfseren hat. Die Zerstörung des Gufseisens beim Gebrauche als Bewahrer des Kupferbeschlags geschieht übrigens so langsam, dafs wohl einige Jahre erforderlich sind, um Massen von 2 — 3 Z. zu zerstören. Davy's spätere Versuche [1] belehrten ihn, dafs in eingeschlossenem Wasser das Kupfer gegen den erdigen Absatz geschützt sey, wenn das Gufseisen weniger als $\frac{1}{1400}$ von der Oberfläche des Kupfers betrage. Zugleich wird das Kupfer selbst nur schwach angegriffen, gewinnt erst etwas an Gewicht, und wird dann langsam aufgelöst. Bei der Beschützung durch kleine Quantitäten Eisen von einer Oberfläche unterhalb $\frac{1}{750}$ und über $\frac{1}{1000}$ von derjenigen des Kupfers, konnte Davy an den Kupferplatten, sie mochten allein oder als Beschlag von Böten dem Meerwasser ausgesetzt gewesen seyn, kein Anhängen von Conferven bemerken, ausgenommen, wo das gebildete Eisenoxyd das Kupfer rund um den Schützer herum bedeckte. Auf einer Reise in die nördlichen Gewässer wurden besonders Versuche gemacht, wie sich in dergleichen Umständen bei rascher Bewegung im Meere geschützte und ungeschützte Kupferplatten verhalten. Platten von etwa einem Quadrat-

1 Philos. Trans. 1825. a. a. O.

fuſs und 7000 bis 8000 Gran an Gewicht verloren in 12 Stunden bei einer Bewegung von 8 engl. Meilen in der Stunde 6,55; durch weniger als $\frac{1}{800}$ Guſseisen geschützt nur 5,5 Gran und zwei durch $\frac{1}{70}$ und $\frac{1}{150}$ geschmeidiges Eisen geschützt, nur 2 Grane. Dieser letztere Verlust hängt ohne Zweifel von einer mechanischen Einwirkung (einem Abreiben) ab, und verhält sich also zu dem durch chemische Einwirkung wie 2:4,55. An den am besten geschützten Kupferplatten war keine Spur von erdigem Absatze zu bemerken. Da die Erfahrung zeigte, daſs die schützende Kraft auf weitere Entfernung hin abnehmen, besonders wenn die Kupferplatten der Schiffe in ihrer genauen Verbindung mit einander durch Rost an den Nägeln und da, wo die Platten zusammenstieſsen, gelitten hatten, so rieth Davy schützende Metalle in verschiedenen Parthieen am Kupferbeschlage anzubringen, und ein glücklicher Erfolg war mit der Befolgung dieses Rathes verbunden. Denn als ein solches Schiff, dessen Kupferbeschlag schon etwas gelitten hatte, am Vordertheile mit zwei Massen Eisen und am Bug mit zwei gleichen versehen wurde, deren Oberfläche ohngefähr $\frac{1}{80}$ derjenigen des Kupfers betrug, darauf im März 1824 nach Neuschottland abging und im Jahre 1826 wieder im Hafen von Portsmouth einlief, so fand sich bei genauer Untersuchung durch Davy, daſs es einige Fuſs von den vordern Schützern bis nach dem Buge hin am ganzen Grunde frei von Seegewächsen, Muscheln u. dgl. war. Wohl hatten sich um den vordern Protector auf dem Eisenroste, der ihn umgab, Zoophyten und viele kleine Muscheln vom Lepasgeschlecht angesetzt, dabei war das Kupfer in einer beträchtlichen Ausdehnung um den vordern und hintern Schützer glänzend, dagegen wurde die Farbe gegen die Mitte des Schiffs hin grün, doch nur von heller Farbe, und ohne eigentliche Schuppen zu bilden. Hier schien bloſs das Eisenoxyd Schuld an diesem Anhängen von Seegewächsen und Seethieren gewesen zu seyn, an dem reinen Kupfer um die hintern Schützer fand sich nichts dergleichen, dagegen hatte das Blei am Bug, das der Reibung des Wassers am meisten ausgesetzt ist, jene Seekörper noch viel reichlicher anhängend. Dasselbe Schiff war, ehe es geschützt wurde, mit einem starken Ueberzuge von kohlensaurem und untersalzsaurem Kupferoxyd und mit sehr vielen langen Fucis und Zoophyten, die an verschiedenen Stellen am Boden hingen, im Seehafen eingelaufen. Bei einem andern Schiffe,

das nach Calcutta hin und zurückgesegelt war, gewährten 4 Protectoren, die $\frac{1}{10}$ der Oberfläche des Kupfers ausmachten, einen vollkommenen Schutz, auch gegen das Anhängen von Seekörpern, und ein drittes zeigte nur an dem Eisenroste, der sich um den Schützer herum angesetzt hatte, anhängende Seegewächse un Zoophyten, doch nur in sehr geringer Menge. Die in verschiedenen Zeitungen, selbst in englischen (*The Times*) gegebenen Berichte, als habe die englische Admiralität befohlen, daſs das ganze System der Kupferbewahrung aufgegeben werden solle, ist eine miſsverstandene Auslegung eines Befehls, nach welchem bei einem Kriegsschiffe, wenn es zum Dienste in See geht, die Protectoren weggenommen, aber wieder angelegt werden sollen, wenn das Schiff nach der Zurückkunft in den Hafen gelegt wird [1]. Als letztes Resultat seiner Versuche stellt Davy [2] auf, daſs man allen Grund habe, als die wahrscheinlichste Art zur Bewahrung des Kupferbeschlags der Schiffe diejenige zu betrachten, wonach der Protector inwendig angewendet werde, so daſs man unter die Mitte einer jeden Kupferplatte in das Holz des Schiffes einen Nagel von Eisen oder lieber Zink schlägt, dessen Kopf, wenn er festgenagelt wird, in Berührung mit der inwendigen Seite der Kupferplatte steht, und der dann für diese Kupferplatte der Protector wird. Die Platten müssen mit Nägeln von reinem Kupfer befestigt werden. Daſs der inwendige Nagel doch das äuſsere Kupfer in den schützenden, negativ el. Zustand versetzt, erklärt Davy so, daſs wenn das Schiff in See kommt, das salzige Wasser an allen Stellen zwischen den Fugen der Kupferbleche hineinflieſst, und die kleinen Abstände zwischen den Kupferplatten und dem Holze ausfüllt, auch durch Haarröhrchenanziehung in dieses selbst eindringt, wobei zwischen dem Nagelkopfe und selbst dem ganzen Nagel und der Kupferplatte, durch die vermöge des Salzwassers und feuchten Holzes geschlossene Kette ein el. Proceſs auf der inwendigen Seite des Kupfers entsteht, der seine schützende Kraft bis auf die Auſsenseite des Kupfers ausdehnt. Wenn aber die Flüssigkeit, zwischen die Kupferplatten und die Auſsenseite des Holzes eingeschlossen, sehr langsam umgewechselt wird, so wird

1 Phillips annal. Octbr. 1825 p. 231.

2 Philos. Trans. 1825 p. 345 und Philos. Magazine Vol. LXVII. p. 89.

derselbe Protector in demselben Verhältnisse langsam corrodirt, weil die Corrosion einem großsen Theile nach auf der im Wasser eingeschlossenen Luft beruht, und der Protector sich länger erhält, wenn jenes sein Sauerstoffgas verloren hat. Sitzt dagegen der Protector auswendig, wo ihn mit Luft gesättigtes Wasser stets bespült, so wird er in einem weit größseren Verhältnisse verzehrt, als dieses eine nothwendige Folge des el. Zustandes ist. Alle Versuche, welche Davy im Kleinen angestellt und mannigfaltig abgeändert hat, haben Resultate gegeben die diese Aenderung hinsichtlich der Anwendung des Protectors, welche noch nicht im Grofsen ansgeführt sind, als die zweckmäfsigste ansehen lassen. Einige Versuche haben mich gelehrt, dafs, wenn auch zwischen dem Protector (einer Zinkstange z. B.) und dem Kupfer keine geschlossene Kette durch einen feuchten Zwischenkörper statt findet, letzteres doch dadurch, dafs es in einer beständigen negativen Spannung erhalten wird, schon gegen die Oxydation geschützt werde. Davy erinnert, dafs man nach demselben Principe auch astronomische Instrumente, so wie Stahlinstrumente werde gegen den Rost schützen können, und er führt an, dafs Pepys seine Messer dadurch am besten erhalte, dafs er sie in einer Ausfutterung von Zink aufbewahre.

Auch die Anwendung der einfachen Kette zur Bekämpfung einer der furchtbarsten Krankheiten, der Epilepsie, ist hier noch hervorzuheben. John Mansford ist auf diese Anwendung durch theoretische Ansichten über die Natur der Epilepsie und den Vorgang bei den Muskelbewegungen geleitet worden. Ihm schien nämlich bei der Heilung dieser Krankheit alles darauf anzukommen, dafs die krankhafte Anhäufung des bewegenden Princips, welches als die nächste Ursache dieser Krankheit anzusehen sey, verhütet und beseitigt werde. Dieses geschehe aber am sichersten dadurch, dafs der negative Pol so nahe als möglich an dem Gehirne, und der positive an irgend einem entfernten Theile des Körpers angebracht werde und zwar so, dafs sie fortdauernd wirken können, wozu sich die einfache Kette vorzüglich eignet. Zu dem Ende wird die Oberhaut von der Gröfse eines Sechspencestücks (etwa eines Zweigroschenstücks) an dem Nacken so nahe als möglich an der Wurzel der Haare mittelst eines kleinen Zugpflasters entfernt, und ein gleich grofser Theil derselben in der Höhlung des Kniees und an seiner Innenseite; auf die Wunde am Nacken wird eine Silberplatte je nachdem

Alter des Kranken von der Gröſse eines Sechspencestückes bis zu der einer halben Krone (etwa eines Viergroschenstücks) gelegt, an ihrem hintern Theile wird ein kleiner Henkel, und an ihrem untern Rande in einer Richtung mit dem Henkel ein kleiner Haken angebracht, an welchem der Verbindungsdraht zwischen beiden Platten befestigt ist. Dieser Draht läuft den Rücken herab, bis er einen Gurt von Leder erreicht, der ringsherum an die Weste angeknöpft ist, er folgt alsdann dem Gurt, an dem er befestigt wird, bis er an der Schaamgegend auf derjenigen Seite anlangt, wo man ihn zu gebrauchen wünscht, wird dann längs der Innenseite des Schenkels herabgeführt, und an die Zinkplatte auf die nämliche Art, wie oben an die Silberplatte befestigt. Bei der Application des Apparats sind noch zwei wesentliche Stücke erforderlich, nämlich ein Stück Schwamm und ein Stück Fleisch, welches von allem Fett und Zellgewebe befreit ist, und welche zwischen die Platten und die entblöſste Hautstelle gebracht werden, weil eine unmittelbare Application der Metallplatten nicht ertragen werden könnte. Da die Wunde, auf welche der negative Pol (die Silberplatte) wirkt, stets hinlängliche Feuchtigkeit absondert, so wird der Schwamm immer davon getränkt bleiben, und eine hinlängliche Leitung gewähren; da aber die Wunde, auf welche der Zinkpol wirkt, nicht dieselbe Absonderung gewährt, so unterhält ein solches Stück Muskelfleisch eine fortdauernde angemessene Leitung. Zuerst wird ein Stück nassen Schwammes von der Gröſse der Wunde am Nacken auf dieselbe gelegt, über dieses ein gröſseres gleichfalls feuchtes Stück Schwamm von der nämlichen Gröſse, wie die Metallplatte, und zunächst auf dieses die Platte selbst, welche durch drei Streifen Heftpflaster einen durch den Henkel auf ihrem Rücken gezogenen, auſserdem durch einen oberhalb und einen unterhalb desselben, in ihrer Lage befestigt wird. Die Zinkplatte wird auf die nämliche Weise befestigt, allein statt der zweiten Schwammlage wird auf die erste das erwähnte Stück Fleisch von der Gröſse der Platte und darauf die Platte selbst gebracht. Hat der Draht, welcher den Rücken herabläuft, eine hinlängliche Länge, damit er nicht ziehen kann, so liegt der Apparat auf diese Weise sehr sicher. Man läſst ihn 12 bis höchstens 20 Stunden liegen, die Wunden müssen rein gehalten, und das dicke Oxyd, womit sich die Zinkplatte überzieht, weggeschafft werden, weswegen es, um den Apparat stets in möglichst glei-

cher Wirksamkeit zu erhalten, am besten ist, ihn täglich 2mal zu wechseln. Eine Hauptvorsicht, die man nicht aus dem Auge verlieren darf, ist, dafs die Oxydation des Leitungsdrahtes an den Stellen, wo er mit den Haken der Platten verbunden ist, verhindert werde, weil schon die dünnste Oxydschicht die galvanische Action aufhebt. Ketten statt des Leitungsdrahtes, den man zu aller Sicherheit dreifach nehmen kann, sind nicht zu gebrauchen, weil die Gelenke nicht genau genug an einander stofsen, um die schwache Action fortzuleiten. Die beiderlei Wunden bieten aufser dem oben Angeführten, noch die merkwürdige Verschiedenheit dar, dafs die im Nacken die Neigung hat, schnell zuzuheilen, wenn der Druck entfernt oder vermindert wird, in welchem Falle man dann durch Betupfen mit trockenem Aetzkali den schicklichen Zustand derselben leicht wieder herstellt, während die untere Wunde eine Neigung hat reizbar zu werden, und sich auszubreiten, zu dessen Verhütung man ihren Rand durch kleine Streifen Pflaster schützt, welche man in Form eines Sternes vom Mittelpuncte nach aufsen legt, so dafs in der Mitte eine kleine Oeffnung bleibt. Der Gebrauch dieses Mittels mufs öfters mehrere Wochen fortgesetzt werden. Mansford führt einige sehr auffallende Fälle von Heilung an, auch kenne ich einzelne glückliche Curen anderer Aerzte, doch rechne man in einer Krankheit, welche nicht in allen Fällen dieselbe Ursache hat, nicht sicher auf dieses Mittel. Wo organische Fehler im Gehirne als Gelegenheitsursachen wirken, ist begreiflich nichts davon zu erwarten. Statt die Zinkplatte in die Kniehöhle anzulegen, dürfte es bequemer seyn, sie am Ende des Rückgrats zu appliciren. Bei Lähmungen der Gliedmafsen in Folge eines Schlagflusses würde ich von einer umgekehrten Application der beiden Metalle den bessern Erfolg erwarten. Letztere Kette wirkt offenbar als ein stärkerer Muskelreiz, um den es dann zu thun ist. Schon früher hat besonders Grapengiesser [1] auf ähnliche Weise die einfache galvanische Kette empfohlen, besonders in örtlichen Krankheiten, namentlich in der Taubheit, wo er die Metalle hinter die Ohren appliciren liefs [2]. *P.*

Galvanometer; Galvanoskop. S. Multiplicator.

1 Versuche den Galvanismus zur Heilung einiger Krankheiten anzuwenden, von C. J. G. Grapengiefser. Berl., 1801.

2 Aufser den vielen im Laufe dieses Artikels angeführtenSchrif-

G a s.

Luft; *gas, aër, aura*; Gas, air; *Gas, air.*

Es giebt eine große Menge von Substanzen, welche sich durch gewisse eigenthümliche Eigenschaften auszeichnen, und mit dem gemeinsamen Namen *Gas* oder *Luft* bezeichnet werden. Bei der großen Zahl dieser Art von Körpern ist es dann leicht erklärlich, daſs man von ihren unterscheidenden Qualitäten die Bezeichnungen: Gasarten, Luftarten, luft- oder gasförmige Stoffe oder Körper, elastische oder expansibele, permanent oder bleibend elastische oder expansibele Flüssigkeiten, Expansibilien u. a. hergenommen hat. *Flüssigkeit* und *Elasticität* oder das Bestreben nach Expansion, nach stets fortgesetzter Ausdehnung, und eine hieraus hervorgehende Kraft des Widerstandes gegen äuſsere mechanische Zusammendrückung sind im Allgemeinen die unterscheidenden Kennzeichen dieser Art von Substanzen, welche zwei Hauptclassen, nämlich Gas- oder Luftarten und Dämpfe in sich begreifen. In wie fern diese beiden wesentlich von einander unterschieden sind, ist im Artikel *Dampf* [1] bereits angegeben und dort nachgewiesen, daſs die *Gasarten* dem Mariotte'schen Gesetze folgen, welches auf Dämpfe im Zustande der Sättigung oder im Maximo ihrer Dichtigkeit gar nicht paſst. Allgemeiner läſst sich ferner der *Flüssig-*

ten, verdienen noch erwähnt zu werden: Dr. J. B. Trommsdorff, Geschichte des Galvanismus oder der galvanischen Elektricität, vorzüglich in chemischer Hinsicht. Zweite unveränderte Auflage. Erfurt, 1808. — Jean Aldini, Traité théorique et experimental, sur le galvanisme. 2 Tomes. Paris, 1804. — J. A. De Luc, Traité élémentaire sur le Fluide electro-galvanique. 2 Tomes. Paris, 1804. — Chr. N. Hellwag, Erfahrungen über die Heilkräfte des Galvanismus. Hamburg, 1802. — Jos. Izarn, Manuel du galvanisme. Paris. 1805. — Dr. Joh. Anton Heidmann, Vollständige Theorie der galvanischen Elektricität. 2 Bände. Wien, 1806. — J. W. Ritter's, Beiträge zur näheren Kenntniſs des Galvanismus. 2 Bände, jeder von 4 Stücken. Jena, 1800—1805. — Christ. Lebr. Roeslin, der Galvanismus. 2 Theile. Ulm, 1824. — Aug. Koelle, Ueber das Wesen und die Erscheinung des Galvanismus. Stuttgart, 1825. — G. J. Singer, Elemente der Elektricität und Elektrochemie. Uebers. von C. H. Müller. Breslau, 1819. — C. Gust. Bischoff, Lehrbuch der theoretischen Chemie. I. Band. Bonn, 1824.

1 S. Th. II. S. 279.

keitszustand dieser Classe von Körpern nicht verkennen, wie aus demjenigen hervorgeht, was hierüber im Artikel *Flüssigkeit* gesagt ist; aus welchem Grunde aber und mit welchem Rechte man sie *elastische, permanent elastische* oder *expansibele* Körper nenne, ist im Artikel: *Expansion* erörtert. Man kann nach allem diesen also mit Recht sagen: *die verschiedenen Luft-oder Gasarten sind diejenigen elastischen Flüssigkeiten, welche dem Mariotte'schen Gesetze in einem gröfseren oder geringeren Umfange desselben unterworfen sind,* und da schon im Artikel: *Dampf*, die Gründe erläutert wurden, warum jenes Gesetz auf Dämpfe keine Anwendung leidet, insofern für letztere eine bündige Theorie nur dann besteht, wenn sie im Zustande gröfster Dichtigkeit genommen werden, so ist es erforderlich hier zu zeigen, in welcher Ausdehnung dasselbe auf die Gasarten Anwendung findet, welches dann auch nach einigen vorläufigen Betrachtungen geschehen soll [1].

In frühern Zeiten kannte man blofs Luft, d. h. atmosphärische Luft, hielt diese für einfach, und leitete die durch andere Gasarten dargebotenen Erscheinungen, welche mit dem Verhalten dieser Luft nicht übereinstimmten, von dem Einflusse gewisser dunstartiger Auflösungen und Beimischungen in derselben ab, wobei namentlich eine hypothetische Substanz, das *Phlogiston*, eine grofse Rolle spielte. Als man aber die verschiedenen Gasarten genauer kennen lernte, und ihren Unterschied von der atmosphärischen Luft, so wie die Bestandtheile dieser letzteren deutlich bestimmte, wurde der Ausdruck *Gas*, neben dem bis dahin üblichen, *Luft*, eingeführt, und durch Letzteres Wort diejenige Mengung bezeichnet, welche der Hauptbestandtheil der unsere Erde umgebenden Atmosphäre ausmacht [2]. Diese Bezeichnung ist an sich unschädlich, auch wird noch

1 Frankenheim in Zeitschrift für Physik u. Math., von Baumgartner u. Ettingshausen. II. 309. zeigt, dafs eine verschiedene, aber jedesmal genügende, Entziehung der Wärme die Gasarten tropfbar flüssig macht, und nennt die zu ihrer Gasform erforderliche Wärme die *Gaswärme* im Gegensatze der *Verdampfungswärme* bei den Dämpfen. Dafs beide verschieden sind, hält Frankenheim für einleuchtend, und beruhet also hierauf gleichfalls eine Verschiedenheit beider expansibeler Körper. Es wäre interessant, die erstern auf gleiche Weise zu bestimmen, als letztere mindestens für Wasserdämpfe bestimmt ist.

2 S. *Atmosphäre*. I. 454.

lange der Ausdruck Luft in dieser usurpirten Bedeutung beibehalten werden, schon deswegen, weil er in zu vielen zusammengesetzten Wörtern vorkommt, als Luftdruck, Luftpumpe u. a. Aufserdem bedingt der Druck, welchen die atmosphärische Luft vermöge ihrer Schwere und der Quantität, in welcher sie um den Erdball angehäuft ist, gegen alle von ihr umgebene Körper ausübt, zugleich das Mafs der Dichtigkeit und Elasticität aller übrigen Gasarten, indem sie hierbei als normale Einheit bei der Voraussetzung eines bestimmten Barometer- und Thermometerstandes angenommen wird. Endlich eignet sie sich auch am besten dazu, um die gesammten Gesetze der Aërostatik und Pneumatik an ihr zu demonstriren, welches ebendaher auch in allen Lehrbüchern der Physik zu geschehen pflegt. Weil aber jene individuelle Zusammensetzung, welche man Luft oder atmosphärische Luft nennt, und aus 79 Theilen Stickgas und 21 Theilen Sauerstoffgas dem Volumen nach zusammengesetzt annimmt, keine ausgezeicnhete physikalische Eigenschaften vor den übrigen Gasarten voraus hat, aufserdem aber die wirkliche atmosphärische Luft noch manche nicht genau bestimmbare Beimengungen enthält, welche zum Theil die allgemeine und bestimmte Anwendung der physikalischen Gesetze der Gasarten auf sie modificirt, endlich auch die statischen Gesetze der Luft und der Gasarten schon für sich im Artikel *Aërostatik* abgehandelt sind, die pneumatischen aber auf gleiche Weise zur Untersuchung kommen werden, so ist es einer streng wissenschaftlichen Anordnung angemessen, die Gasarten insgesammt und ihr Verhalten an diesem Orte abzuhandeln, der Luft an sich aber keinen besondern Artikel zu widmen, da sie nur eine von mehreren vorkommenden Verbindungen zweier Gasarten ist.

Die gesammte Untersuchung der Gasarten zerfällt in zwei Hauptabtheilungen, deren erste das physikalische Verhalten derselben, die zweite ihre chemische Natur enthält. Es soll daher hier zuerst von den physikalischen Gesetzen gehandelt werden, welche über dieselben bishero aufgefunden sind, und demnächst ihr chemisches Verhalten zur Untersuchung kommen.

I. Physikalische Gesetze der Gase.

Nur zwei Eigenschaften sind es, welche im Wesentlichen den Charakter der Gase ausmachen, und auf welche sich daher

die Gesetze beziehen, nämlich ihre Flüssigkeit und ihre Elasticität; sie verdienen daher einzeln untersucht zu werden.

A. Flüssigkeitszustand der Gase.

Ueber den Flüssigkeitszustand der Gase im Allgemeinen, den Unterschied des tropfbar- oder elastisch-Flüssigseyns, und die hierauf gegründeten Bezeichnungen *Fluidität* und *Liquidität* ist schon im Artikel: *Flüssigkeit*, gehandelt. Weil aber das letztere Wort offenbar zuerst von tropfbar flüssigen Körpern gebraucht und erst später auch auf die gasförmigen übertragen ist, wie aus den verwandten Ausdrücken: Fluſs, flüssig, flieſsen, genugsam erhellet, so habe ich mich dort auf das Verhalten der tropfbarflüssigen oder liquiden Körper ausschlieſslich beschränkt, und die Untersuchung des gasförmig-Flüssigseyns bis hierher verspart. In Beziehung auf das dort Gesagte kommt also hier zuerst die Frage in Betrachtung, worin das eigentliche Wesen des gasförmig-Flüssigseyns bestehe.

1. Daſs man den Gasen Flüssigkeit zuschreibt, kommt ohne Zweifel daher, weil sie flieſsen, d. h. sieh auf eine ähnliche Weise bewegen, als dieses bei tropfbaren Flüssigkeiten durch den Augenschein beobachtet wird. Unstreitig ist nämlich die Bewegung der Luft beim Winde, beim Blasen, in Schornsteinen und Windöfen, über stark erhitzten Körpern u. a. m. ein ganz eigentliches Flieſsen, und man war daher berechtigt, denjenigen Körpern, woran sich dieses zeigt, den Namen der Flüssigkeiten eben so gut beizulegen, als denen, welche Tropfen bilden. Bei beiden beruhet auſserdem das Wesen ihres Zustandes auf der leichten Verschiebbarkeit ihrer Theile, als Folge fehlender Cohäsion (nach dem hierüber von mir angenommenen Sprachgebrauche) und Reibung ihrer Bestandtheilchen unter einander und an andern Körpern, nebst dem hieraus folgenden leichten Hingleiten derselben über einander, ohne daſs jedoch bei beiden Arten die Adhäsion ihrer Theilchen sowohl gegen einander als auch gegen andere Substanzen wegfällt. Auch die Gasarten sind nämlich den Gesetzen der Adhäsion unterworfen, wie sich deutlich beim Flieſsen derselben durch die Oeffnungen längerer Röhren zeigt[1]. Man sagt zwar gewöhnlich, das bei diesem Aus-

1 Vergl. *Pneumatik*.

strömen sich zeigende Hindernifs der Bewegung gasförmiger Flüssigkeiten entstehe durch ihre Adhäsion an den Wänden der Röhren, allein wenn dieses im strengsten Sinne wahr wäre, so würde sich auf der Oberfläche dieser Wände eine Luftschicht von verschwindender Dicke anlegen, und über dieser hin das Abfliefsen ohne alles Hindernifs stattfinden, was aber gegen die Erfahrung streitet. Hiernach sind also beide Aggregatzustände der tropfbar- und elastisch flüssigen Körper dem Wesen nach identisch, und es erklärt sich hieraus, warum beide so leicht in einander übergehen [1]. Wenn man übrigens zugiebt, dafs die Adhäsion der Theilchen elastischer Flüssigkeiten durch den Einflufs der ihnen gleichfalls wesentlich zukommenden Elasticität oder Expansion nicht gänzlich aufgehoben wird, so liegt hierin zugleich ein Beweis, dafs die Wirksamkeit beider, ihren Aggregatzustand bedingender, Kräfte, sowohl einer anziehenden als auch einer abstofsenden, bei ihnen nie aufhört, so lange sie noch eine namhafte im Experimente mefsbare, Dichtigkeit haben.

2. So wie bei den tropfbarflüssigen Körpern der Grad ihres Flüssigseyns, ihrer *Fluidität*, verschieden gefunden wurde, so ist dieses auf ähnliche Weise auch bei den elastischen der Fall, indem auch diese ungleich leicht und schnell fliefsen, ausströmen, und so wie bei jenen dieser Grad der Fluidität ihrer Dichtigkeit im Allgemeinen umgekehrt proportional gefunden wird, so zeigt sich das Nämliche auch bei diesen. Ob dieser ungleiche Grad der Fluidität auch die Gröfse und Geschwindigkeit der Schallwellen in den verschiedenen Gasarten bedinge, verdient seiner Zeit näher untersucht zu werden, gewifs aber ist es, dafs ein Einflufs desselben beim Ausströmen der Gasarten

1 Als unterscheidendes Kennzeichen nimmt man nicht ohne Grund an, dafs die eine Classe der flüssigen Körper Tropfen bildet, die andere nicht. Genau genommen sind aber einzelne, in tropfbaren Flüssigkeiten aufsteigende Luftblasen ein Analogon der Tropfen, welche z. B. im Wasser auf gleiche Weise und ganz gleich gestaltet aufsteigen, als die einzelnen Tropfen z. B. das Petroleum im Weinsteinöle und Weingeiste des Elementenglases, wenn man die Flüssigkeiten dieses letzteren durch einander geschüttelt hat. Ich habe schon s. Art. *Adhäsion* Th. I. S. 202. bei der Gestalt und dem Anhängen solcher Luftblasen auf den Einflufs dieser Adhäsion ihrer Theilchen hingedeutet. Andere Physiker hegen diese Ansicht nicht, indefs hoffe ich die meinige bei näherer Untersuchung der Sache im Art. *Luftblasen* noch mehr zu begründen.

in Betrachtung komme. Indem aber diese Untersuchung im Artikel: *Pneumatik* vollständiger angestellt werden wird, so begnüge ich mich hier mit einer allgemeinen Andeutung der Sache.

3. Die Flüssigkeit der Gase, hauptsächlich der atmosphärischen Luft, zeigt sich auf eine eben so interessante als auffallende Weise beim Fortschwimmen verschiedener Substanzen, namentlich der riechbaren Stoffe, in denselben [1]. Sogar auch das elektrische Fluidum, sofern dasselbe auf den Geruchssinn wirkt, wird in der Luft mechanisch schwebend fortgeführt. Dieses interessante und für die Entscheidung über das Wesen der Elektricität wichtige Phänomen hat sich mir vielmals dargeboten, daſs ich nämlich in der einen Abtheilung des hiesigen physikalischen Saales stehend, wenn in der andern die groſse Elektrisirmaschine gedrehet war, bis über 30 Secunden nach dem Stillestande derselben bei geeigneter Luftströmung den specifischen Geruch der Elektricität als eines in der Luft schwebenden feinen Fluidums wahrnahm.

Ferner kann man sich die Vorstellung von der Flüssigkeit der Gasarten auch auf folgende Weise versinnlichen. Man denke sich einen überall verschlossenen Cylinder und in der Mitte desselben eine lothrechte Axe herabgehen, mit perpendiculär auf ihr befestigten Flügeln, die Ebenen der letzteren gleichfalls lothrecht. Würde jene Axe durch einen geeigneten Mechanismus umgedrehet, so würden die Flügelflächen die im Cylinder enthaltene Luft oder Gase vor sich hertreiben, andere Theile derselben würden in die verlassenen Stellen strömen, und so müſste allmälig in dem Verhalten der tropfbaren Flüssigkeiten ganz ähnliches wirkliches Flieſsen erfolgen. Bei den Versuchen über den Widerstand der Mittel werden solche Apparate in Anwendung gebracht.

4. Man hielt von den ältesten bis zu den neuesten Zeiten herab den Flüssigkeitszustand der Luft, und nach der Analogie gefolgert auch der übrigen Gasarten, für bleibend, und nannte sie deswegen zum Unterschiede von den Dämpfen permanent elastische Flüssigkeiten. Hutton [2] unter andern sagt in dieser Hinsicht noch ganz bestimmt, daſs die Luft weder durch langes Eingeschlossenseyn in Gefäſse, noch durch die höchsten Grade

1 S. Hutton Dict. I. 48.

2 Dict. I. 48. Vergl. Encyclop. meth. I. 111.

der Kälte, noch durch den stärksten mechanischen Druck ihren eigenthümlichen elastisch-flüssigen Zustand verliere. Erst in der neuesten Zeit erwies FARADAY durch eine Reihe interessanter Versuche, daſs verschiedene Gasarten, welche bei einer Wärme über dem Eispuncte und unter dem mittleren Drucke der Atmosphäre dem Mariotte'schen Gesetze folgen, durch die vereinte Wirkung der Kälte und der Zusammendrückung in den Zustand der tropfbaren Flüssigkeit übergehen, und nachdem dieses bekannt geworden war, fand sich, daſs man schon früher ähnliche Erscheinungen beobachtet hatte. Daſs hierdurch also das Mariotte'sche Gesetz eine nothwendige Einschränkung erleide, desgleichen daſs dieser Umstand bei der Bestimmung des eigentlichen Wesens dieses Flüssigkeitszustandes sehr berücksichtigt werden müsse, wird weiter unten erörtert werden; für jetzt möge es genügen, zuvor die hierüber bestehenden Thatsachen anzugeben.

FARADAY stellt die ihm bekannt gewordenen Nachrichten von der Verwandlung der Gase in tropfbare Flüssigkeiten zusammen [1]. Hiernach scheint es, als ob bei den bekannten Versuchen des Grafen RUMFORD in München über die Gewalt des entzündeten Schieſspulvers die feste Masse, welche sich zuweilen in dem stählernen Cylinder angesetzt fand, und deren Erscheinen mit einer auffallenden Verminderung der Elasticität des erzeugten Dunstes verbunden war, verdichtete *Kohlensäure* enthalten habe. Eine Verdichtung des *Ammoniakgas* zur tropfbaren Flüssigkeit wollen viele beobachtet haben, allein FARADAY vermuthet, daſs hierbei eine sehr gesättigte Verbindung dieses Gases mit Wasser behandelt sey. Eben so will auch GUYTON-MORVEAU Ammoniakgas durch — 48° C. Kälte tropfbar flüssig gemacht haben, allein FARADAY berechnet die Elasticität dieses Gases im trocknen Zustande bei 10° C. Temperatur zu 6,5 Atmosphären, und glaubt der Analogie nach, daſs ein höherer Grad der Kälte zu seiner Liquidemachung erforderlich sey, als jener angegebene, weſswegen auch hierbei ein Einfluſs der Feuchtigkeit angenommen werden müsse. *Schweflichtsaures Gas* wurde nach FOURCROY's Zeugniſs von MONGE und CLOUET und von ihm selbst durch angewandte gröſsere Kälte

1 S. Journ. of the Royal Inst. Nr. 32. daraus in Bibl. univ. XXVI. 92.

und mechanischen Druck liquide gemacht, eine Thatsache, welche nach den neuesten Entdeckungen über diese Substanz nichts Auffallendes mehr hat. GUYTON-MORVEAU bereitete bekanntlich die kleinen Räucherungsflaschen zur Säuberung der Luft von ansteckenden Miasmen [1]. Indem aus der Mischung in denselben *Chlorgas* bereitet werden muſs, ihre Oeffnung aber durch einen eingeschmirgelten Glasstöpsel fest verschlossen gehalten wird, so glaubt FARADAY, das entbundene Gas sey als tropfbare Flüssigkeit zurückgehalten, welches um so weniger auffallend ist, da die Elasticität dieses Gases bei 15°,5 C. nur 4 Atmosphären beträgt. (In diesem Falle kommt indeſs wohl ohne Zweifel die im Glase gleichfalls vorhandene Flüssigkeit mit in Betrachtung.) *Arsenik. Wasserstoffgas* will STROMEYER schon 1805 durch hohe Kälte tropfbar flüssig gemacht haben, allein FARADAY meint, der sich in dieser Gestalt zeigende Antheil desselben sey beigemengte Feuchtigkeit gewesen, da dieses Gas sich bei — 18° C. durch einen Druck von 3 Atmosphären noch nicht flüssig machen lasse.

FARADAY befolgt die chronologische Ordnung bei seiner Erzählung, und erwähnt daher, daſs NORTHMORE 1805 bis 1806 *Chlorgas* sehr heftig comprimirte, wie er angiebt bis 18 Atmosphären, daraus dann eine gelbe Flüssigkeit erhielt, welche bei eröffneter Schraube augenblicklich mit heftigem Geruche expandirt wurde [2]. Es ist wohl nicht zu bezweifeln, daſs hierbei eine wirkliche Flüssigmachung statt fand. Auch *salzsaures Gas* will NORTHMORE liquide gemacht haben, FARADAY hält aber hierzu einen Druck von 40 Atmosphären für erforderlich, und glaubt daher, es sey hierbei eine Verbindung von Chlor mit etwas Oel aus der Pumpe zum Vorschein gekommen. Mit *schweflichtsaurem* Gas gerieth ihm der Versuch zwar nicht vollständig, weil die Pumpe dadurch angegriffen wurde, allein es ist doch nicht zweifelhaft, daſs er auch dieses Gas tropfbar flüssig dargestellt habe. Einen interessanten, aber unvollkommenen Versuch machte BABBAGE schon 1813. Er lieſs nämlich in einen dichten, groſsen Kalkfelsen ein Loch 2 Z. weit und 30 Z. tief bohren, goſs etwa 1,5 Pinten Salzsäure hinein, und verstopfte die Oeffnung fest durch einen mit Seife überzogenen

1 Vrgl. Th. 1. S. 480.

2 Ist erzählt in Nicholson's Journ. XII. 368. XIII. 233.

Stöpfsel, welcher vermittelst eines schweren Hammers fest hineingetrieben wurde. Er hoffte, dafs die entwickelte Kohlensäure den Felsen spalten würde, welches aber nicht erfolgte, und er glaubt daher, dafs dieses Gas liquide geworden sey.

Alle diese Erfahrungen waren zwar vorhanden, allein sie wurden weniger beachtet oder noch für zweifelhaft gehalten, als Faraday im Jahre 1823 nach und nach die folgenden Gasarten bei den angegebenen Temperaturen und unter dem gleichfalls bestimmten Drucke in liquide Flüssigkeiten verwandelte [1].

Schweflichtsaures Gas bei	7°,2 C. unter	3,0	Atmosphären.
Schwefelwasserstoffgas .	10,0 C. .	17,0	.
Kohlensaures Gas .	0,0 C. .	36,0	.
Stickoxyd . .	7,2 C. .	50,0	.
Cyanogen . .	7,2 C. .	3,7	.
Ammoniak . .	10,0 C. .	6,5	.
Salzsaures Gas . .	10,0 C. .	50,0	.
Chlor . .	15,5 C. .	4,0	.

Auch *Chloroxydul* (Euchlorine) wurde im tropfbar flüssigen Zustande von ihm dargestellt, der Apparat zersprang aber und so liefs sich keine Bestimmung des erforderlichen Druckes erhalten. Mit *Wasserstoffgas*, *Sauerstoffgas*, *Fluorboron*, *Fluorsilicium* und *Phosphorwasserstoffgas* wurden gleichfalls Versuche angestellt, aber vergebens, jedoch bleibt es fraglich, ob nicht eine stärkere Compression auch diese in den tropfbarflüssigen Zustand zu versetzen vermag. Faraday vermuthet dieses, und wollte die Versuche fortsetzen, bis jetzt aber sind keine weitere Resultate bekannt geworden. Blofs Perkins [2] soll dem Königl. Institute in London eine Abhandlung übergeben haben, worin er seine Vorrichtungen zur Erhaltung eines sehr starken Druckes bis zu 2000 Atmosphären beschreibt, und zugleich angiebt, dafs es ihm gelungen sey, die atmosphärische Luft durch einen Druck von 1200 Atmosphären und auch andere Gasarten in tropfbar-flüssiger Gestalt darzustellen. Neuerdings [3] hat Perkins seinen für so aufserordentlich starke Com-

1 Phil. Trans. 1823. p. 160. u. 183. Vgl. Ann. Chem. et Ph. XXIV. 396. u. 403.

2 Ann. of Phil. VI. p. 66. vom Jahre 1823.

3 Phil. Trans. 1826. III. 541.

pressionen eigends construirten Apparat[1] genau beschrieben, die vermittelst desselben erhaltenen Resultate über die Zusammendrückbarkeit des Wassers mitgetheilt, und hierbei zugleich angezeigt, daſs es ihm auch gelungen sey, nicht bloſs aus der Essigsäure Krystalle durch bloſsen mechanischen Druck auszuscheiden, sondern auch *Kohlenwasserstoffgas* und selbst *atmosphärische Luft* in tropfbare Flüssigkeiten zu verwandeln. Seiner Angabe nach soll ersteres schon bei einem Drucke von 40 Atmosphären angefangen haben, flüssig zu werden, bei 1200 Atmosphären aber gänzlich in eine tropfbare Flüssigkeit verwandelt worden seyn, bei letzterer aber fing der Zustand einer partiellen Liquefaction erst bei 500 Atmosphären an, nahm bei vermehrtem Drucke zu, und bei 1200 Atmosphären war aus derselben eine schöne durchsichtige Flüssigkeit entstanden, deren Menge ungefähr den 2000sten Theil der angewandten Luft betrug, und auf der Oberfläche des sperrenden Quecksilbers zu sehen war.

So schätzbar es seyn würde, über die Möglichkeit einer Verwandlung der atmosphärischen Luft in eine tropfbare Flüssigkeit Gewiſsheit zu erhalten, und so wehrscheinlich es auch ist, daſs dieselbe bei einer Verdichtung über das 800fache in diesen Zustand übergeht, so fehlt doch den hier mitgetheilten Versuchen zur völligen Beweiskraft noch gar vieles. Zuvörderst hat schon Poggendorff[2] bemerkt, daſs Perkins die von ihm beschriebenen Tropfen in seinem Apparate gar nicht sehen konnte, und sobald der Druck nachgelassen hatte, muſste die tropfbare Flüssigkeit, falls sie entstanden wäre, sogleich wieder in den Zustand der Expansion übergehen. Auſserdem aber läſst sich gar kein Zusammenhang in die von Perkins angegebenen Zahlen und Gröſsenverhältnisse bringen. Dunkel ist es schon, daſs das sperrende Quecksilber bei 600 Atmosphären um $\frac{1}{6}$ und bei 1200 Atmosphären um $\frac{1}{4}$ des Volumens der Röhre in dieser hinaufgestiegen seyn soll. Völlig räthselhaft aber muſs es seyn, daſs die Liquefaction bei 500 Atmosphären angefangen habe, bei 1200 (in gewisser Hinsicht) vollendet gewesen sey, und dabei die Menge der erhaltenen Flüssigkeit nur $\frac{1}{2000}$ der angewandten Luft betrug. Sobald nämlich eine expansibele

1 Vgl. *Piezometer* und *Compressionsmaschine* Th. II. S. 224.
2 Ann. LXXXV. 556.

Flüssigkeit über die Grenze ihres Expansionsvermögens hinaus zusammengedrückt und verdichtet wird, kann sie nicht *theilweise*, sondern sie mufs *ganz* tropfbar flüssig werden, wenigstens kann hierbei keine Steigerung von 1 zu 500 und dann zu 1200 Atmosphären statt finden. Wollte man aber annehmen, dafs zuerst der eine Bestandtheil dieses Gasgemenges, etwa das Stickgas, flüssig geworden sey, so mufste diese Veränderung bei einem gewissen Drucke jenen ganz treffen, und demnächst bei vermehrter Compression der andere gleichfalls nachfolgen. Die Angabe des Volumens von $\frac{1}{2000}$ endlich würde voraussetzen, dafs die entstandene tropfbare Flüssigkeit einen höheren Grad der Dichtigkeit erhalten hätte, als welcher dem erlittenen Drucke proportional war, und läfst sich bei mangelnden anderweitigen Erfahrungen in diesem noch dunkelen Gebiete nicht controliren. War letzteres übrigens nicht der Fall, und wollte man blofs das Stickgas als tropfbar flüssig dargestellt annehmen, so konnte die Verdichtung nur $\frac{1}{1200} \times \frac{79}{100}$ also $\frac{1}{1520}$ betragen. So lange übrigens jene Zweifel noch nicht beseitigt sind, wird der berühmte Britte dem forschenden Deutschen nicht verargen, wenn er die Sache vor der Hand noch als unausgemacht ansieht.

Als eine Einschränkung der Permanenz des gasförmigen Zustandes dient endlich die Erfahrung, dafs chemisch sich verbindende Gasarten sofort in den Zustand der Festigkeit oder tropfbaren Flüssigkeit übergehen. Beispiele dieser Art sind oben [1] verschiedene angeführt, und ich vermehre ihre Zahl hier nur durch ein einziges ganz eigentlich hierher gehöriges, nämlich dafs Ammoniakgas und salzsaures Gas mit einander verbunden festes salzsaures Ammoniak geben.

B. Elasticität der Luft.

Von der grofsen Elasticität, oder dem Bestreben nach Expansion aller Gasarten, geben die gemeinsten und unzählig oft vorkommenden Erscheinungen die redendsten Beweise, namentlich bei der atmosphärischen Luft, von welcher man auf die verwandten Gase zu schliefsen berechtigt ist. Unter die gemeinsten Experimente dieser Art gehört dasjenige, wodurch man die

1 Im Art. *Flüssigkeit*. B. Nr. 2.

Anwesenheit der Luft, oder wie man zu sagen pflegt, ihre Undurchdringlichkeit nachzuweisen pflegt, nämlich, wenn man ein gewöhnliches Glas umkehrt und im Wasser untertaucht, wobei letzteres in das Glas nur wenig, und der Tiefe, bis zu welcher es eingetaucht wird, proportional eindringt, indem der Druck der umgebenden Wassersäulen die Luft zusammendrückt. In gröſserer Vollständigkeit zeigt sich das Nämliche beim Herabsenken der *Taucherglocke* unter Wasser, und das Eindringen des letzteren in den innern Raum der ersteren zu einer mit der erreichten Tiefe stets zunehmenden Höhe. Aber noch auſserdem zeigt sich die Flüssigkeit und Elasticität der atmosphärischen Luft oder das Flieſsen derselben als Folge und unter Bedingung der Elasticität im Processe des Athmens warmblütiger Thiere [1]. Unter den älteren Geräthen der physikalischen Cabinette findet man einen Apparat, welcher diesen Proceſs versinnlichen soll, und daher *Lungenglas* genannt wird, seinen lange behaupteten Platz aber nicht verdient. Das Ganze besteht nämlich aus einem kugelförmigen Glase mit einer durch die enge Oeffnung eingebrachten, halb aufgeblasenen, und mit ihren oberen Rändern am Rande des Glases befestigten Thierblase. Wird dieses Glas unter eine Campane auf die Luftpumpe gebracht, und abwechselnd exantlirt und die Luft wieder zugelassen, so wird die Blase in gleichem Wechsel durch die sie umgebende Luft zusammengedrückt und wieder aufgeblasen.

Es giebt auſserdem der Versuche sammt der hierfür bestimmten Apparate eine Menge, welche die bei den verschiedenen Graden der Compression fortdauernde Elasticität der Luft im Allgemeinen beweisen, von denen ich indeſs nur die bekanntesten und wichtigsten kurz angeben werde. Wenn man die in einer Thierblase eingeschlossene Luft zusammendrückt, so wird dieselbe bei nachlassendem Drucke ihr früheres Volumen wieder erhalten. Ist die Blase nicht ganz aufgeblasen, und man bringt sie unter die Campane einer Luftpumpe, so wird sie beim Exantliren anschwellen, nach dem Wiederzulassen der äuſseren Luft ihr anfängliches Volumen wieder erhalten, beim Comprimiren der Luft unter der Campane aber in einen kleineren Raum zusammengedrückt werden. Ist die Blase dünn und ganz aufgeblasen, so wird sie unter der Campane nach

1 S. *Athmen* Th. 1. S. 420.

Wegnahme der sie umgebenden Luft zerplatzen. Eben dieses wird mit sehr dünnen Glaskugeln der Fall seyn, wenn sie auf gleiche Weise unter die Campane gebracht werden. Otto v. Guericke [1] verschlofs ein gläsernes Gefäfs mit einem Hahne, trug es auf eine Höhe und fand nach Oeffnung des Hahns, dafs Luft aus demselben strömte, nach dem Herabbringen desselben an den vorigen tieferen Ort drang dagegen Luft in dasselbe wieder ein, woraus er mit Recht folgerte, dafs die Elasticität der Luft in der Höhe geringer sey als in der Tiefe, und sie daher durch ihr eigenes Gewicht zusammengedrückt werde. Vermöge dieser ihrer Elasticität und Flüssigkeit setzt sich die Luft überall ins Gleichgewicht, und ist daher in den Zimmern, so wie in allen Gefäfsen, in welche sie auch nur durch die feinsten Oeffnungen Zugang hat, bei gleicher Temperatur stets von gleicher Dichtigkeit und allezeit von gleicher Elasticität als die in gleicher Höhe in der Umgebung sich befindende. Die Elasticität der Luft zeigt sich ferner bei der Verdichtung und Verdünnung derselben vermittelst der Compressions- und Luftpumpen, beim *Heronsball*, dem *Heronsbrunnen* und den *Cartesianischen Teufelchen.* Gemeine Hühnereier haben am stumpferen Ende einen kleinen, mit Luft erfüllten Raum. Wenn man daher am entgegengesetzten Ende ein kleines Loch macht, und das Ei auf geeignete Weise unter einer Campane der Luftpumpe über einem flachen Gefäfse aufhängt und exantlirt, so drückt die sich ausdehnende Luft den Inhalt des Eies aus der Oeffnung heraus, die wieder zutretende aber vermöge ihrer Elasticität ihn wieder hinein. Aufserdem will ich nur noch zwei zur Belustigung dienende Apparate angeben, welche die wechselnde Elasticität der
Fig. 150. Luft versinnlichen. Das eine besteht aus dem gläsernen Ballon A mit dem aufgeschrobenen offenen Gefäfse B. In das letztere ist das Röhrchen a eingekittet, welches an beiden Enden offen unten bis nahe an den Boden des Ballons A reicht, oben bis an oder selbst über den Rand des Gefäfses B. Ueber das obere Ende ist das weitere, oben verschlossene Röhrchen b c gestürzt, so dafs also die Luft vermittelst des Röhrchens a und der Oeffnung bei c in beiden Gefäfsen frei circulirt, wenn beide leer sind. Wird aber das obere Gefäfs B mit Wasser angefüllt, der Apparat unter eine Campane auf den Teller der Luftpumpe ge-

1 Exper. nov. de vacuo spatio. Cap. 30.

bracht und abwechselnd Luft weggenommen oder zugelassen, so fliefst zuerst die Luft vermöge ihrer Elasticität aus dem Gefäfse A durch das Wasser in B ab, und weil letzteres ihr den Rückgang versperrt, so füllt sich nachher abwechselnd das Gefäfs A und B mit Wasser oder verdünnter Luft.

Das zweite Instrument beruhet auf gleichen Grundsätzen. Fig. 151.
Auf das mehrere Zolle hohe gläserne Gefäfs A wird die 1 bis 1,5 Z. weite und gleichfalls einige Zolle hohe Glasrähre B bei ef geschroben. Ein in der durch die Zeichnung angegebenen Richtung gebogenes enges, und bei *a* in eine sehr feine Spitze ausgezogenes Röhrchen abcd ist vermittelst einer bei ef befindlichen Fütterung so eingekittet, dafs es in den Raum des Gefäfses A herabgelassen, bei ef festgeschroben werden kann, und auf diese Weise einen Canal für die aus dem Gefäfse A abfliefsende Luft darbietet. Wird bei d etwas Quecksilber eingegossen, welches die untere Mündung des Röhrchens versperrt, und der Apparat unter eine Campane auf die Luftpumpe gebracht, um die Luft aus A wegzunehmen, nachher aber Luft von Aufsen zugelassen, so bildet der Druck derselben aus der feinen Spitze bei *a* eine Quecksilberfontaine. Dafs die Wirkung der Windkessel auf ähnlichen Gesetzen beruhe, bedarf kaum einer Erwähnung [1].

Aus diesem Bestreben der Luft, vermöge ihrer Elasticität das Gleichgewicht ihrer Dichtigkeit wieder herzustellen und somit in die mit Luft von minderer Dichtigkeit erfüllten Räume einzudringen, wird dann auch ein sehr bekanntes Phänomen erklärlich, welches seines öfteren Vorkommens wegen hier erwähnt werden möge. Wenn im Winter bei wechselndem Thauwetter und Frost die Wege, insbesondere im thonigen festen Boden, mit einer Menge kleiner Wasserbehälter übersäet sind, so pflegen diese bei schnell eintretender Kälte mit einer Eisdecke überzogen zu werden, und dann das Wasser unter ihnen zu verschwinden, so dafs ein hohler Raum daselbst zurückbleibt, welcher sich meistens bei eintretendem Thauwetter wieder mit Wasser füllt. Durch äufseren Stofs oder Druck, zuweilen auch von selbst, pflegt diese Eisdecke oft mit einem lebhaften Knalle zersprengt zu werden, welcher letztere eine Folge der in die mit verdünnter Luft erfüllten Räume unter der Eisdecke eindrin-

1 Vgl. *Druckpumpe*. Th. II. S. 634.

genden Luft ist. Durch das Erkalten der Erde wird nämlich das Volumen der Luft in tiefer liegenden Räumen verkleinert, das Wasser sinkt in diese nach, läſst die Räume unter dem Eise leer, und die äuſsere, nach dem Zersprengen der Eisdecke sich hineinstürzende Luft bewirkt dann das Getöse [1].

Die eigenthümliche Elasticität der Luft, und somit auch der übrigen in dieser wesentlichen Eigenschaft ihr ähnlichen Gasarten, vermöge welcher sie sich zusammendrücken lassen mit zunehmender Gegenwirkung und ausdehnen mit abnehmender, welche man auch Expansion, Expansibilität genannt hat, ist hiernach also für erwiesen anzusehen; allein aus allen den zahllosen Erscheinungen, in denen diese zum Vorschein kommt, geht doch noch kein bestimmtes Gesetz über das Verhältniſs hervor, in welchem die Dichtigkeit und Elasticität mit dem Raume stehen, welchen diese Körper unter veränderten Bedingungen einnehmen. Keiner unter den Physikern hat sich eifriger und anhaltender mit der Untersuchung des Verhaltens der Luft beschäftigt, als der Engländer Robert Boyle, und er hat wohl ohne Zweifel zuerst das hierüber bestehende, jetzt allgemein bekannte Gesetz aufgefunden, welches von seinen Landsleuten nach ihm das *Boyle'sche*, von allen übrigen aber das *Mariotte'sche* genannt wird, wobei sich also von selbst versteht, daſs jener Ausdruck streng genommen der richtigste ist.

Die Veranlassung zur genaueren Aufklärung dieses Gegenstandes gab der lange Zeit fortdauernde Streit über die beim Barometer wirksame Ursache. Franciscus Linus, Professor der Mathematik in Lüttich, konnte sich nämlich nicht überzeugen, daſs das Quecksilber in der Torricelli'schen Röhre durch den äuſsern Druck der Luft in die Höhe gehoben würde, sondern nahm einen gewissen *funiculus* an, welcher hierbei das Quecksilber in die Höhe ziehen und die Erscheinungen des Saugens, der Pumpen u. s. w. bewirken sollte. Robert Boyle stellte daher schon im Jahre 1660 Versuche mit einer doppelt rechtwinklich gebogenen Röhre an, welche gewöhnlich die *Mariotte'sche Röhre* genannt wird, um zu zeigen, daſs die Elasticität der Luft wirklich das Quecksilber zu heben oder zu tragen vermöge, und widerlegte hierdurch die Hypothese des

1 Vgl. Godart in J. d. Ph. XIV. 487.

Linus[1]. Die Röhre, womit seit Boyle ähnliche Versuche oft wiederholt sind, ist eine sehr lange, heberförmig zu zwei ungleichen Schenkeln gebogene Barometerröhre, deren kürzerer Schenkel CE meistens 6 Par. Z. hoch, der längere AB dagegen 7 bis 10 F. hoch zu seyn pflegt. Fig. 152. Boyle goſs zuerst etwas Quecksilber in die Röhre, füllte damit den untern Raum derselben BE an, so daſs das Niveau desselben in beiden Schenkeln gleich war, und also die Luft in beiden gleiche Elasticität hatte, goſs dann Quecksilber im längeren Schenkel nach, bis die Säule desselben 29 engl. Zolle über dem Niveau im kürzeren Schenkel betrug, und hierdurch also bewiesen wurde, daſs die Elasticität der Luft Quecksilber von der Höhe, wie die mittlere des Barometers, zu tragen vermöge. Diese und ähnliche Versuche wiederholte er sehr häufig, und dabei entdeckte Richard Townley, einer von seinen Schülern, daſs der Raum, in welchen die eingeschlossene Luft des kürzeren Schenkels zusammengedrückt wurde, sich umgekehrt wie die Längen der Quecksilbersäule im längeren Schenkel verhielt; denn als die letztere 29 Zolle betrug, war die Luft im kürzercn Schenkel von 12 Z. auf 6 Z. zusammengepreſst, und indem er den einfachen Druck der Atmosphäre zu 29 Z. Quecksilberhöhe angenommen hatte, so erzeugte das Hinzukommen einer gleichen Gröſse die Verminderung des Volumens auf die Hälfte. Sobald die Höhe der Quecksilbersäule im langen Schenkel vermehrt oder vermindert wurde, verminderte oder vermehrte sich diesem proportional der Raum CF.

R. Boyle vervielfältigte nachher mit groſser Beharrlichkeit die Methode und Zahl dieser Versuche[2]. Vorzüglich bediente er sich dabei eines cylindrischen Gefäſses ABCD mit Quecksilber, senkte in dasselbe eine an beiden Seiten offene Glasröhre EF so tief, daſs der überstehende Theil derselben EG noch ei- Fig. 153.

1 Defensio de elatere et gravitate aëris advers. objectiones Francisci Lini. Lond. 1661. Genev. 1680. 4.

2 Ausführliche Beschreibung derselben findet man in seinen Werken: Robert Boyle's Works V. vol. fol. Lond. 1665. 1744. Speciell: New Experiments touching the spring of the air. Oxf. 1660. 8. Works I. 1. Continuation of Experiments. Oxf. 1669. Works. III. 1. On the rarefaction of air. Lond. 1671. Works. III. 202. Second continuation. Lond. 1681. 8. Works. IV. 96. General history of the air. Lond. 1692. 4. Works V. 105.

nen Zoll betrug, und sich in diesem also Luft von der Dichtigkeit der äufseren befand, welche damals das Barometer auf 29,75 Zoll hielt. Die obere Oeffnung wurde dann genau mit Siegellack verschlossen, und die Röhre in die Lage gebracht, welche ef bezeichnet, wobei sich die Luft bis eh ausdehnte, das Quecksilber aber bis gh gehoben wurde, woraus also deutlich hervorging, dafs die eingeschlossene Luft nicht Elasticität genug habe, um auf h mit gleicher Kraft zu drücken, als auf g, welcher Unterschied durch die Quecksilberhöhe gh compensirt war. Als der Raum eh zwei Zolle betrug, fand er $gh = 15\frac{3}{8}$ Z., wonach also die in den doppelten Raum ausgedehnte Luft von ihrer vorigen Elasticität $29\frac{3}{4} - 15\frac{3}{8} = 14\frac{3}{8}$ übrig hatte, welches fast die Hälfte ausmacht. Als $eh = 10$ Z. war, betrug $gh = 26\frac{3}{4}$ Z. und die zehnfach verdünnte Luft hatte nur noch eine Federkraft $= 29\frac{3}{4} - 26\frac{3}{4} = 3$, welches gleichfalls sehr nahe den zehnten Theil beträgt. Die geringen Differenzen lassen sich aus der Capillarität und einem Einflusse der Temperatur leicht erklären.

Mariotte hat eine Reihe ganz ähnlicher Versuche angestellt [1], und das nämliche Gesetz aufgefunden, welches daher nach ihm meistens benannt wird, auch nimmt man gewöhnlich an, dafs ihm von Boyle's Versuchen nichts bekannt gewesen sey. Wenn man aber den Unterschied der Zeit beider Versuchsreihen berücksichtigt, das hohe Interesse würdigt, womit damals gerade alle das Verhalten der Luft betreffende Untersuchungen aufgenommen wurden und endlich erwägt, in welcher genauen Verbindung Mariotte mit englischen Gelehrten stand, indem schon 1668 eine Abhandlung von ihm in die Philos. Trans. aufgenommen wurde, so scheint es mir wenigstens höchst unwahrscheinlich, obgleich es nicht unmöglich ist, dafs er von jenen wichtigen Versuchen und den daraus erhaltenen Resultaten nichts gewufst haben sollte. An der Aechtheit seiner Versuche ist übrigens bei einem so gründlich gelehrten und wissenschaftlichen Physiker keinen Augenblick zu zweifeln, und es bleibt daher immer sehr schätzbar, dafs das aufgefundene Gesetz auch durch ihn und in noch gröfserer Schärfe bestätigt wurde.

1 Essay sur la nature de l'Air. Par. 1676. 8. Du mouvement des eaux. Part. II. disc. 2.

Mariotte bediente sich ganz gleicher Apparate, als welche von Boyle gebraucht worden waren, nämlich zuerst der oben beschriebenen Röhre. Bei dieser betrug der anfängliche in CE durch Quecksilber abgesperrte Raum 12 Z. Durch Zugiefsen von Quecksilber wurde Fig. 152.

Bf = 18; 34; 93 Zolle

EF = 4; 6; 9 –

Hieraus ergeben sich die Höhen der Quecksilbersäule fg = Bf – EF = 14; 28; 84 Zolle, und also die Elasticität der Luft im kurzen Schenkel, indem sie aufser der Quecksilbersäule fg noch den Druck einer Atmosphäre auszuhalten hatte, in Zollen der Quecksilbersäule ausgedrückt:

$$14 + 28 \;;\; 28 + 28 \;;\; 84 + 28$$
$$= \quad 42 \;;\; 56 \;;\; 112$$

die Räume CE — EF aber, welche die Luft einnahm, betrugen

$$12 - 4 \;;\; 12 - 6 \;;\; 12 - 9$$
$$= \quad 8 \;;\; 6 \;;\; 3$$

und die Elasticität war daher 1,5; 2; 4 mal gröfser, wenn sie in einen 1,5; 2; 4 mal kleineren Raum zusammengeprefst wurde.

Die Verminderung der Elasticität der Luft bei vergröfsertem Raume prüfte Mariotte vermittelst einer 40 Z. langen, am einen Ende verschlossenen Glasröhre. In diese grofs er 27, 5 Z. Quecksilber, so dafs also noch 12,5 Z. mit Luft von der Dichtigkeit der atmosphärischen erfüllt blieben. Hierauf verschlofs er das offene Ende mit dem Finger, kehrte die Röhre um, so dafs die Luft in die Höhe stieg, senkte sie in ein Gefäfs mit Quecksilber 1 Z. tief ein, so dafs sie noch 39 Z. aus demselben hervorragte. Nachdem die Luft in den obern Theil der Röhre gestiegen und das Quecksilber herabgesunken war, nahm letzteres 14 Z., ersteres 25 Z. der Röhre ein, also war das Quecksilber auf die halbe Höhe des Barometers gesunken und die Luft in den doppelten Raum ausgedehnt. Wenn man nun berücksichtigt, dafs von der Masse der Luft oder der Gasart nichts verloren wird, wie grofs oder wie klein auch der Raum ist, in welchen man ein gegebenes Volumen einschliefst, und dafs demnach die Dichtigkeit derselben dem erfüllten Raume umgekehrt proportional seyn mufs, so läfst sich das *Boyle'sche* oder *Mariotte'sche Gesetz* auf folgende Weise in Worten ausdrücken: *die Elasticität und Dichtigkeit der Gase ist der sie zusam-*

mendrückenden Kraft directe, das Volumen oder der Raum, den sie einnehmen, dieser umgekehrt proportional. Hierbei wird jedoch vorausgesetzt, dafs die Temperatur sich für die Zeit der Dauer des Versuches oder die Gültigkeit dieser Bestimmungen nicht ändert. Bezeichnen daher V und p, V′ und p′ die einander zugehörigen Volumina und Pressungen, so ist allgemeine $V' : V = p : p'$ woraus $V' = V \frac{p}{p'}$ wird, und man daher allezeit das entstehende Volumen bestimmen kann, wenn das anfängliche Volumen, die demselben zugehörige und die neue Pressung gegeben sind. Wird die schon zusammengedrückte Luft einem neuen Drucke $= p''$ ausgesetzt, so ist auf gleiche Weise das neue Volumen

$$\frac{V''}{V} = \frac{p}{p''} \text{ also } V'' = \frac{Vp}{p''}, \text{ oder}$$

$$\frac{V''}{V'} = \frac{p'}{p''} \text{ woraus } V'' = \frac{V'p'}{p''}.$$

Bezeichnen aber d′ und d die Dichtigkeiten, die übrigen Bezeichnungen beibehalten, so ist

$$d' : d = V : V' \text{ also } d' = \frac{dV}{V'}$$

$$d' : d = p' : p \text{ also } d' = \frac{dp'}{p}.$$

Sollen die Versuche mit dem angegebenen Apparate wirklich angestellt werden, so mufs der kürzere Schenkel der Röhre vollständig cylindrisch seyn, damit die aliquoten Längentheile dem Ganzen genau proportional sind; bei dem längeren Schenkel kommt blofs der hydrostatische Druck in Betrachtung, und ist daher diese Bedingung überflüssig. Allgemein aber mufs die Luft trocken seyn, wenn das Resultat genau den Formeln entsprechen soll; denn es ist schon oben angegeben, dafs die Dämpfe dem Mariotte'schen Gesetze nicht folgen [1]. Stände endlich das sperrende Quecksilber beim Anfange des Versuches nicht im gleichen Niveau, sondern angenommen bei B etwas höher um eine Gröfse, welche a heifsen möge, so ist klar, dafs die

1 Biot Traité I. 113 zeigt das Verfahren, wie man die Röhre selbst für diese Versuche austrocknen kann. Die Sache ist aber jetzt als so vollkommen ausgemacht anzusehen, dafs es mir überflüssig scheint, dieses Verfahren ausführlicher zu beschreiben.

im kurzen Schenkel eingeschlossene Luft außer dem gewöhnlichen atmosphärischen Drucke $=p$ noch den der Quecksilbersäule $=a$ auszuhalten hätte, ihr Volumen muſs also kleiner seyn. Heiſst dasselbe V', so ist

$$\frac{V}{V'} = \frac{p+a}{p}, \text{ also } V = V'\left(1+\frac{a}{p}\right).$$

Eben das Nämliche, nur mit veränderten Zeichen, würde herauskommen, wenn a verneint wäre, also das Quecksilber im längeren Schenkel um die Gröſse $=a$ niedriger stände. Diese letztere Formel führt unmittelbar zur Auflösung einer in der Praxis oft vorkommenden Aufgabe, z. B. bei eudiometrischen Versuchen, die Dichtigkeit der Gasarten zu bestimmen, welche in irgend einem Gefäſse befindlich durch eine Säule einer beliebigen Flüssigkeit ausgedehnt werden. Heiſst nämlich ihre Dichtigkeit (ohne Rücksicht auf die Temperatur) unter dem atmosphärischen Drucke $=d$, die im ausgedehnten Zustande, bewirkt durch eine Säule Flüssigkeit, welche a heiſsen möge $=d'$, der Barometerstand $=p$, so ist $d' = d\left(1-\frac{a}{p}\right)$. Wird die Gröſse a nicht am Quecksilber, sondern an irgend einer andern Flüssigkeit vom spec. Gew. $=w$ gemessen, das des Quecksilbers $=1$ gesetzt, so ist $d' = d\left(1-\frac{aw}{p}\right)$; und da die Volumina sich umgekehrt wie die Dichtigkeiten verhalten, so ist

$$V = V'\left(1-\frac{aw}{p}\right).$$

Soll das hierdurch gefundene Volumen auf einen bestimmten Normaldruck der Atmosphäre reducirt werden, oder wird die Meſsröhre so tief in das Sperr-Quecksilber eingetaucht, daſs das innere und äuſsere Niveau nicht differirt, so findet man das einem Normalbarometerstande von 28 Par. Z. oder 0,76 Met. oder einem sonstigen Maſse $=P$ zugehörige Volumen aus dem bei einem Barometerstande $=p$ gemessenen[1], ohne Rücksicht auf die Temperatur

$$V'' = V\frac{p}{P}$$

1 Als Beispiel diene Folgendes. Es soll das Volumen der in einer graduirten Meſsröhre befindlichen Gasart bestimmt werden. Der

mit Rücksicht auf die Temperatur in t Graden C.

$$V'' = V \cdot \frac{p}{P}\left(\frac{1}{1+t\,0{,}00375}\right)$$

Nach dem Boyle'schen Gesetze kann auch die Höhe gefunden werden, bis zu welcher das Quecksilber in einer eingetauchten Röhre gehoben wird, wenn sich in derselben Luft befindet, deren Volumen bei der Dichtigkeit der atmosphärischen gegeben ist. Heifst nämlich der Raum, welchen die Luft bei einem Barometerstande $= p$ einnimmt $= V$, derjenige Raum, in welchen sie durch das Herabsinken des Quecksilbers ausgedehnt wird $= x$ und die diesem zugehörige Elasticität $= p'$, so ist

$$\frac{x}{V} = \frac{p}{p'}\ \text{also}\ p' = \frac{pV}{x}.$$

Heifst ferner die ganze Länge der Röhre $= h$, so ist der durch die verdünnte Luft erfüllte $= x$, der mit Quecksilber $= h - x$. Die Elasticität der Luft in der Röhre zur Höhe der Quecksilbersäule in derselben addirt mufs dem äufseren atmosphärischen Drucke gleich seyn, also

$$h - x + p' = p$$

und für p' substituirt

$$h - x + \frac{pV}{x} = p$$

auf 0° reducirte Barometerstand sey $= 330$ Lin. $= p$, das Quecksilber in der Mefsröhre rage 33 Lin. über das äufsere hervor, so ist $V = V'\left(1 - \frac{33}{330}\right)$ also $= 0{,}9\ V'$. Ist das spec. Gewicht des Quecksilbers $= 13{,}6$ also das des Wassers $= 0{,}0735..$ so ist $V = V'\left(1 - \frac{33 \times 0{,}0735}{330}\right) = 0{,}99265\ V'$. Dieses gefundene Volumen auf den Normalbarometerstand reducirt würde, dann $V'' = V\,\frac{330}{336} = V\ 0{,}982...$ seyn. Wären also bei jener Absperrung mit Quecksilber 4 Cub. Zölle in der Röhre gemessen, so betrügen diese $4 + 0{,}9 \times 0{,}982 = 3{,}53$ Cub. Zolle. Würde die Mefsröhre so tief in das Quecksilber getaucht, dafs das innere Niveau unter dem äufseren stände, so liefse sich das Volumen des eingeschlossenen Gases nach jener oberen Formel $V = V'\left(1 + \frac{a}{p}\right)$ leicht finden. Wären nämlich 4 Z. Gas in der Röhre gemessen, das innere Quecksilber um 33 Lin. $= a$ hinabgedrückt, und wäre $p = 330$ Lin., so wäre $V = 4\left(1 + \frac{33}{330}\right) = 4{,}1$ Cub. Zolle.

woraus

$$x = \frac{h - p + \sqrt{(h-p)^2 + 4pV}}{2}$$

gefunden wird [1].

Die atmosphörische Luft und alle Gase müssen trocken seyn, wenn das Boyle'sche Gesetz auf sie Anwendung finden soll, wie schon oben erwähnt ist. An der Nichtbeachtung dieses Satzes liegt es wahrscheinlich, daſs nach den Beobachtungen von Beze zu Malacca die Luft unter dem Aequator sich weniger als im umgekehrten Verhältnisse der drückenden Kraft ausbreiten soll [2], wie denn dieses auch durch zahlreiche Versuche von Bouguer unter gleichen Breiten factisch widerlegt ist [3]. Ueber den Einfluſs der Dämpfe auf die Elasticität der Luft sind übrigens viele, sowohl ältere als neuere, Untersuchungen vorhanden. Lambert [4] glaubt, die Dünste vermehrten die Elasticität der Luft deswegen, weil sie sowohl die Theilchen derselben zusammenpreſsten, als auch das Gewicht der oberen Luftschichten vermehrten. Um daher die Menge des Dampfes in der Luft zu finden, soll man zwei in ungleichen Höhen über einander befindliche Barometer und zwei mit ihnen verbundene Luftthermometer beobachten, um aus ihren Unterschieden auf die Menge des vorhandenen Dampfes zu schlieſsen. Allein es bedarf wohl keines Beweises, daſs dieser Weg nicht zum Zwecke führen würde. Ungleich richtiger fand Saussüre [5], daſs die Elasticität der trocknen Luft durch das Hinzukommen von Wasserdampf um so viel vermehrt werde, als die Spannung des letzteren beträgt, und seine Bestimmungen hierüber würden völlig genau seyn, wenn er das Gesetz über das Verhalten der Dämpfe rücksichtlich ihrer Elasticität und Dichtigkeit als eine Function der Temperatur vollständig gekannt hätte.

Aus dem Boyle'schen Gesetze läſst sich leicht bestimmen, wie das Volumen und die Elasticität seyn muſs, wenn gegebene Vo-

1 Vergl. Biot Traité I. 119.

2 Maraldi in Mém. de Paris. 1709.

3 Mém. de Par. 1753.

4 Abhandl. der churbaierschen Akademie d. Wiss. Bd. III. Th. 2. Vergl. Karsten Lehrbeg. d. ges. Math. III. 413.

5 Essais sur l'hygrometrie §. 110. Eine Zunahme der Elasticität durch Dämpfe folgerte auch de la Hire aus einer Reihe von Versuchen in Mém. de l'Ac. 1708.

lumina Gasarten von gleichfalls gegebener Elasticität vereinigt werden, vorausgesetzt, dafs sie nicht chemisch auf einander einwirken, wenn man nur berücksichtigt, dafs die Räume sich umgekehrt verhalten wie die Elasticitäten, die Elasticität der Mengung aber das arithmetische Mittel aus der Summe beider Elasticitäten seyn mufs, wenn die Räume vereinigt werden. Werden also zwei Volumina Gas = V und v vereinigt, deren Elasticitäten P und p sind, so ist unter der Voraussetzung, dafs beide Räume gleichfalls vereinigt werden die Elasticität nach der Mengung

$$p' = \frac{VP + vp}{V + v}.$$

Würden z. B. zwei gleichgrofse Gefäfse mit Luft von 28 und 24 Z. Quecksilberhöhe-Druckkraft vereinigt, so würde die Elasticität nach der Verbindung $\frac{28 + 24}{2} = 26$ Z. betragen. Wird dagegen in ein gegebenes Gefäfs voll Gas von gegebener Dichtigkeit, beide als Einheit angenommen, das Gas aus einem anderen Gefäfse = v und von der Dichtigkeit = p gebracht, so ist die Elasticität nach der Vereinigung $= 1 + \frac{vp}{P}$. Auf gleiche Weise läfst sich das Volumen berechnen, welches die Mengung haben mufs, wenn ihre Elasticität = p' seyn soll, nämlich das Volumen

$$V' = \frac{VP + vp}{p'}.$$

Dafs diese Sätze auch auf Mischungen aus Gas und Dampf angewandt werden können, versteht sich wohl von selbst [1].

1 Tredgold in Phil. Mag. LXVII. 321. stellt diese Formeln gleichfalls auf, greift aber dabei Dalton und Gay-Lüssac mit ungeziemender Heftigkeit an, und doch beruhet sein Tadel auf einem Misfsverständnisse. Er sagt nämlich, die letztere Formel lasse sich auf die Vereinigung der Luft mit Wasserdampf anwenden, und dann sey für V = v und P = p nach der Mengung $V' = \frac{V(p' + p)}{p'}$. Dann wundert er sich sehr, wie Dalton statt dessen hierfür die Formel $V' = \frac{Vp'}{p' - p}$ habe aufstellen können, und fordert die genannten Gelehrten auf, ihm doch einmal nachzuweisen, wie durch eine Mengung aus Wasserdampf von 20 Z. Elasticität mit Luft von 30 Z. Elastici-

Das eben erläuterte Gesetz ist seit seiner Begründung durch Boyle und Mariotte noch vielfach und auf mancherlei Weise geprüft, allein es wird genügen, hier nur die wichtigsten Un-

tät der dreifache Raum erzeugt werden könne, da vielmehr seine eigene Formel 1⅔ gebe. Dalton's Formel heifst eigentlich $\frac{p'}{p-p'}$, und zeigt, dafs von einer freien Verbindung der Luft mit Wasserdampf die Rede sey, nicht aber, wie Tredgold meint, von gemessenen Mengen Luft und Dampf, in welchem letzteren Falle er allerdings Recht hätte. Die geforderte Aufgabe will ich aber sogleich lösen, und noch eine andere dazu, welche noch viel auffallender scheint, wahrscheinlich aber Tredgold auf die richtige Ansicht der Sache geführt haben würde, wenn er sie sich aufgeworfen hätte. Ist nämlich die Elasticität der Luft = 30 Z. und kommt aus einer genügenden Menge Wassers Dampf von 20 Z. Elasticität hinzu, so werden sich ⅔ Dampf = 20 Z. und ⅓ Luft = 10 Z., zusammen = 30 Z. verbinden, und diesemnach wird das frühere Volumen Luft um das Dreifache vermehrt werden, wie dieses in der Natur wirklich vorkommt, wo $p' = p + f$ seyn mufs, wenn p' den atmosphärischen Druck, p den Antheil, welchen die Luft und f denjenigen bezeichnet, welchen der Wasserdampf ausübt. Die zweite, noch auffallendere Aufgabe ist, wenn $p = p'$ ist, d. h. wenn der Wasserdampf die Siedehitze erreicht, denn dann wird $\frac{p'}{p'-p} = \frac{1}{0} = \infty$, d. h. der siedende Wasserdampf treibt alle Luft vor sich weg, und füllt den Raum, wie grofs er auch seyn mag, allein aus, welches gleichfalls der Erfahrung angemessen ist. Vergl. Gilbert in dessen Ann. XV. 48. Tralles ebend. XXVII. 400. Die bisher untersuchte Elasticität der Gase ist die absolute, welcher die relative *oder specifische entgegensteht.* Jene bedarf keiner weiteren Erklärung, denn sie ist das Mafs der Kraft, mit welcher die Luft einer gegebenen zusammendrückenden Kraft Widerstand leistet. Die gewöhnliche, als Einheit angenommene Bestimmung dieser Kraft ist diejenige, welche die atmosphärische Luft bei 0° C. Temperatur im Niveau des Meeres, oder wenn sie durch das eigene Gewicht der die Erde umgebenden Atmosphäre zusammengedrückt ist, ausübt, und welche durch den Druck einer Quecksilbersäule von 336 Par. Lin. oder von 0,76 Meter oder 29 engl. Zolle gemessen zu werden pflegt, das Quecksilber gleichfalls bei 0° C. angenommen. Diese gangbaren Bestimmungen der mittleren Barometerhöhe weichen zwar nicht sehr bedeutend von einander ab, jedoch um so viel, dafs man jederzeit nur eine derselben als Normalmafs annehmen darf. So lange Druck und Temperatur gleich bleiben, ist auch die Elasticität verschiedener Gasarten gleich, ihre Dichtigkeit aber verschieden. Werden sie dann aber bei unveränderter Temperatur so weit comprimirt, dafs ihre Dichtigkeit gleich ist, so

tersuchungen hierüber namhaft zu machen. Amontons[1] unter andern befolgte die Methode seiner Vorgänger; einige englische Gelehrte[2] senkten gläserne Gefäſse unter Wasser, und maſsen, wie stark die Luft durch die ungleich hohen Wassersäulen zusammengedrückt wurde, und s'Gravesande[3] beschreibt einen sinnreich construirten Apparat, womit sowohl die Zusammendrückung als auch die Ausdehnung der atmosphärischen Luft bewerkstelligt und eine Messung der hierdurch veränderten Räume angestellt werden kann. Auch Fontana, Shuckburg und Roy haben die Versuche widerholt[4]. Aus allen Versuchen ergab sich indeſs klar, daſs unter gehörigen Umständen das aufgestellte Gesetz vollkommen richtig sey. Bei einer solchen ganz allgemein aufgestellten Behauptung konnte aber die nothwendig sich aufdringende Frage nicht unerörtert bleiben, ob dieses Gesetz in ganzer geometrischen Strenge allgemein und absolut gültig sey. Wäre dieses wirklich der Fall, so müſste die Luft bis zu einer Dichtigkeit zusammengedrückt werden können, welche die aller übrigen Körper weit überträfe, und auf der andern Seite müſste ein verschwindend kleiner Theil Gas von der Dichtigkeit der atmosphärischen Luft bei mittlerem Barometerstande in jeden willkürlich groſsen Raum ausgedehnt werden, und diesen überall gleichmäſsig erfüllen können. Die Unmöglichkeit der letzteren Folgerung leuchtet zwar nicht unmittelbar ein, da die Dehnbarkeit und feine Vertheilung mancher Körper schon fast über die Grenzen des deutlich Vorstellbaren hinausgeht, dagegen wurden die ins Unendliche gehende Zusammendrückung der

wird ihre Elasticität verschieden seyn, und heiſst dann die specifische oder relative. Hieraus folgt aber von selbst, daſs die letztere erhalten wird, wenn man das als Einheit angenommene, die Dichtigkeit bezeichnende spec. Gewicht der atmosphärischen Luft durch das spec. Gewicht der zu bestimmenden Gasart dividirt, beide unter gleichem Drucke und bei gleicher Temperatur genommen. Indem auf diese Weise die specif Elasticitäten der Gase aus ihren spec. Gewicht leicht gefunden werden können, und ohnehin nicht von bedeutendem Einflusse auf sonstige Bestimmungen sind, so übergehe ich, sie einzeln anzugeben, und verweise deſswegen auf *Gewicht, specifisches.*

1 Mém. de Paris. 1705.

2 Phil. Tr. Nr. 73. Vgl. Leipzig. Samml. I. 171.

3 Phys. Elem. II. 579.

4 Robison System cet. III. 634.

Gasarten schon früh Zweifel erhoben. Man sagte nämlich[1], eine gröſsere Verdichtung der Luft sey unmöglich, als eine solche, bei welcher die Theile derselben in unmittelbare Berührung kämen; ein Argument, welches zwar neuerdings durch die Anhänger der dynamischen Theorie als streng atomistisch geradezu verworfen ist, sich aber bei genauer Prüfung nicht so leicht von der Hand weisen läſst. Seitdem nämlich nach den oben mitgetheilten Erfahrungen verschiedene Gasarten durch mechanische Zusammendrückung in tropfbare Flüssigkeiten verwandelt sind, in Gemäſsheit einer allgemein angenommenen Theilbarkeit der Körper hierbei aber ihre Theile nothwendig einander näher gebracht werden müssen, so läſst sich ohne Wortstreit ein solcher Zustand der Gasarten nicht in Abrede stellen, in welchem ihre Theile einander so nahe gebracht werden, daſs der Zustand der Gasform nicht weiter statt finden kann. Nimmt man hinzu, daſs so viele Körper, namentlich die Metalle, durch Vermehrung der Wärme ausgedehnt werden, hierdurch aus dem Zustande der Festigkeit in den der tropfbaren und dann der expansibelen Flüssigkeit übergehen, daſs aber hierbei ein verschiedener Abstand ihrer Theile von einander statt finden muſs, weil doch offenbar z. B. bei einer durch Wärme ausgedehnten Metallstange die beiden verschwindend dünnen Endflächen in einen weiteren Abstand von einander kommen, als worin sie vorher waren, dieses aber bei jeder Verkürzung der Stange durch Abschneiden eines Theiles, also allgemein, und endlich auch bei jeder Form der Körper gültig ist, so muſs auch rückwärts schulgerecht der Schluſs gestattet seyn, daſs die Theile aller Körper einander genähert werden können, wie auch immer die Aggregatform derselben seyn mag, ohne Ausnahme des elastischflüssigen. Selbst die unmittelbare Berührung der Theile könnte man retten. Denn obgleich die Anhänger der dynamischen Naturlehre die Theile der Körper unendlich klein nennen, so kann zwar, wenn dieses zugegeben wird, die Gröſse der Theile nicht bestimmt werden, allein es müssen doch allezeit Theile seyn, die Prädicate des Begriffes von Theilen müssen auf sie Anwendung leiden, mithin auch der der Beweglichkeit und Näherung, woraus bei stets kleineren und zuletzt verschwindenden Abständen endlich

1 S. Jac. Bernoulli de gravitate aetheris. Amst. 1683. p. 69. Musschenbroek Introd. T. II. §. 2107.

die unmittelbare Berührung von selbst folgt. Dieser Argumentation könnte nur dadurch begegnet werden, wenn bewiesen würde, die Gasarten liefsen sich nicht theilen, wie andere Körper; und das, was von den Theilen der letzteren nothwendig zugestanden werden mufs, lasse sich auf jene nicht gleichfalls anwenden. Insofern indefs wahrscheinlich alle, und zuverlässig einige Gasarten durch mechanische Compression in tropfbare Flüssigkeiten, die festen Körper aber durch Wärme in tropfbare Flüssigkeiten und in Dämpfe verwandelt werden, welche den Gasarten dem Wesen nach gleich sind, mithin kein wesentlicher Unterschied zwischen festen, flüssigen und gasförmigen Körpern besteht, kann eine solche Argumentation überall nicht stattfinden. So wie jetzt also die Sachen stehen, kann nur davon die Rede seyn, ob das Boyle'sche Gesetz in Beziehung auf eine unendliche Zusammendrückung noch von den wenigen Gasarten gelte, welche durch starken Druck noch nicht in tropfbare Flüssigkeiten verwandelt sind, in Beziehung auf Ausdehnung aber allgemeine Gültigkeit habe.

Soll die Aufgabe vollständig erörtert werden, so zerfällt die Abtheilung derselben, nämlich über das Verhalten der Gasarten bei der Zusammendrückung wieder in zwei Fragen, nämlich zuerst, ob das Boyle'sche Gesetz bei stärkeren Compressionen strenge genommen durch die Erfahrung bestätigt werde, und zweitens, ob bei sehr starker Zusammendrückung einige Gasarten wenigstens ihren Aggregatzustand nicht ändern, und auch dann noch dieses Gesetz vollständig oder nahe genau seine Richtigkeit bewähre. Die erstere Frage pflegt man allgemein mit Ja zu beantworten, indem es als ausgemachte Wahrheit gilt, dafs die Elasticität der Luft ihrer Dichtigkeit direct proportinal ist, so weit die gewöhnlichen Gefäfse ihren Druck auszuhalten vermögen; allein es giebt wenigstens zwei Reihen von Versuchen, welche das Gegentheil folgern lassen. Zuerst hat Sulzer [1] viele Versuche angestellt, wovon ich hier nur einige wenige zur Ueber-

1 Mém. de Berlin. T. IX. l'an 1753. p. 116. Ich erwähne hier nur diese beiden, weil rücksichtlich anderer, namentlich der durch Fontana angestellten (S. Opuscules. Par. 1784. p. 112. Vergl. Lichtenb. Mag. II. 165.) unlängst durch Gilbert nachgewiesen ist, dafs die Abweichungen vom Mariotte'schen Gesetze sich aus dem Feuchtigkeitszustände der angewandten Gasarten erklären lassen. S. dessen Ann. XV. 67.

sicht mittheile, indem in nachfolgender Tabelle d die Dichtigkeit und e die ihr zugehörige Elasticität bezeichnen.

Erste Reihe		Zweite Reihe		Dritte Reihe	
d	e	d	e	d	e
1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
2,000	1,958	2,000	1,964	2,000	1,900
3,143	2,936	3,143	3,078	3,000	2,793
4,000	3,706	4,444	4,320	4,000	3,631
5,500	4,922	5,500	5,096	6,000	5,297
5,882	5,522	7,333	6,694	8,000	6,835

Wegen der hier erscheinenden bedeutenden Abweichungen der Resultate von dem Boyle'schen Gesetze glaubte Robison [2] die Sache durch neue sorgfältige Versuche prüfen zu müssen, wobei er vorzüglich Sorge trug, recht trockne Luft zu erhalten, zugleich aber auch das Verhalten der feuchten Luft und der mit Kampferdampf gemischten untersuchte. Bei letzterer war die bweichung vom genannten Gesetz geringer als bei ganz trockner Luft, wie folgende Uebersicht zeigt:

Trockne Luft		Feuchte Luft		Kampferdampf-Luft	
d	e	d	e	d	e
1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
2,000	1,957	2,000	1,920	2,000	1,909
3,000	2,848	3,000	2,839	3,000	2,845
4,000	3,737	4,000	3,726	4,000	3,718
5,500	4,930	5,500	5,000	5,500	5,104
6,000	5,342	6,000	5,452	6,000	5,463
7,620	6,490	7,620	6,775	7,620	6,812
				8,000	6,835

Gegen die Art, wie diese Versuche angestellt sind, eben wie gegen die Genauigkeit und Glaubwürdigkeit des Beobachters, läfst sich nicht wohl etwas einwenden, und die Sache verdient daher allerdings die Aufmerksamkeit der Physiker, und zwar um so mehr, als bei sonstigen starken Zusammendrückungen nicht sowohl die strenge Richtigkeit des angegebenen Gesetzes, als vielmehr nur die Frage, ob die Luft überhaupt eine zunehmende Elasticität und ihre Aggregatform beibehält, untersucht zu werden pflegt. Indefs will Winkler [1] das Gesetz bei 8facher Verdichtung noch bestätigt gefunden haben. Boyle verdich-

1 System of Mech. Philos. III. 637.

2 Untersuchungen der Natur und Kunst. Leipz. 1765. II. S. 98.

tete sie bis zum 13fachen, Hales [1] in einer Bombe durch Eintreiben eines Zapfens in dieselbe 38mal, und seitdem hat man für gleich starke und noch stärkere Compressionen der Gase und hauptsächlich der Dämpfe die Elasticität der atmosphärischen Luft nach dem Mariotte'schen Gesetze stets als Normalmaſs angenommen, ohne daſs eine merkliche Abweichung von demselben beobachtet wurde. Der bekannte Versuch von Hales aber, die Luft in einer Bombe durch die Ausdehnung des gefrierenden Wassers zu comprimiren, wobei er eine 1838fache Verdichtung erhalten haben will, ist ganz unzulässig, weil er die Stärke des angewandten Druckes aus der Elasticität der Luft berechnet, welche eben erst gemessen werden soll, und auſserdem würde aus diesem Versuche nach Richmann [2] bei genauer Berechnung eine 2871fache Verdichtung der Luft folgen, wonach sie also über dreimal so dicht als das Wasser geworden wäre.

Daſs über die Compression der Luft aus diesem Versuche nichts gefolgert werden könne, ergiebt sich noch auſserdem aus dem Versuche, welchen Richmann und Kratzenstein anstellten [3], indem sie eine Röhre mit Luft durch rothgefärbten Terpentin gesperrt, in eine Bombe mit Wasser einschlossen, welche bei — 9,4 C. durch das Eis zersprang, ohne daſs eine Zusammendrückung der Luft hierbei merkbar war, offenbar weil das Eis die Röhre zu frühe verschlossen hatte. Durch bloſse Compression im Wasser in der Bombe, ohne Gefrierung, brachten sie indeſs eine 300fache Zusammendrückung derselben hervor, ohne daſs sie von ihrer Elasticität etwas verlor. Ob jedoch das Mariotte'sche Gesetz bis zu dieser Compression gültig sey, konnte bei dem angewandten Verfahren nicht bestimmt werden.

Es ist somit dankenswerth, daſs Oerstedt in Verbindung mit Swendsen die Frage durch mehrere Reihen genauer Versuche in einem weiten Umfange prüfte [4], und hierbei einen Apparat anwandte, bei welchem zwei wesentliche Hindernisse der Boyle'schen Röhre wegfallen, nämlich zuerst die bei starker Compression unvermeidliche Ausdehnung des elastischen Glases nebst der Gefahr des Zerspringens, und zweitens die zu starke

1 Statique des Vegéteaux. Trad. de l'Anglois par Buffon. Par. 1735. 8. p. 389.

2 Nov. Com. Pet. I. 280.

3 Nov. Com. Pet. II. 163.

4 Edinburgh Journal of Science. VIII. 224.

Reibung und Capillarität bei sehr engen Röhren. Der gebrauchte Apparat besteht im verticalen Durchschnitte dargestellt aus einem starken Gascylinder ABCD mit einem messingnen Deckel AC. In diesem steht zwischen einem eisernen Rahmen lmno eine genau calibrirte Glasröhre EF auf einem eisernen Gefäſse mit ein wenig Quecksilber, welches die untere Oeffnung der Glasröhre verschlieſst; die obere Grenze des im Cylinder und in der Röhre befindlichen Quecksilbers ist durch IK bezeichnet, GH ist ein Theil einer starken in ii eingekitteten und mit dieser Fassung in den Cylinderdeckel geschrobenen Glasröhre, welche im Ganzen aus mehreren 7 F. langen und vermittelst eiserner Schrauben zusammengefügten Theilen besteht und durch die hölzerne Stange TSR eine Stütze erhält. Sie ist dazu bestimmt, durch hineingegossenes Quecksilber einen sehr starken Druck gegen die Luft in der Röhre EF und gleichmäſsig gegen das dieselbe umgebende Wasser hervorzubringen. Im oberen Deckel befindet sich bei p eine Schraube, welche geöffnet und dann der Cylinder mit Wasser gefüllt wird. Der Brauchbarkeit des Apparates stand bloſs entgegen, daſs die vielen Schrauben für einen so hohen Druck nicht gehörig schlossen, weswegen die Messungen nur bei einem Versuche bis auf 8 Atmosphären getrieben werden konnten. Folgendes sind die Resultate

Fig. 154.

d	e	Unters.	Unterschiede : e
1,0000	1,0000	0,0000	0,0000
1,0052	1,1051	+0,0001	+0,0001
1,1676	1,1693	−0,0017	−0,0015
1,2736	1,2706	+0,0030	+0,0024
1,4744	1,4694	+0,0050	+0,0035
1,5870	1,5810	+0,0060	+0,0040
1,8120	1,8060	+0,0060	+0,0030
2,1120	2,0790	+0,0330	+0,0160
2,5290	2,5200	+0,0090	+0,0040
3,1680	3,1470	+0,0210	+0,0070
3,6160	3,5990	+0,0170	+0,0050
4,2090	4,1850	+0,0240	+0,0060
5,0570	5,0100	+0,0470	+0,0090
5,6030	5,5720	+0,0310	+0,0050
6,2880	6,2870	+0,0010	+0,0000
8,1750	7,0820	+0,0930	+0,0130
8,0300	8,0140	+0,0160	+0,0020

Indem bei diesen Versuchen die Unterschiede bis auf einen nach stets positiv sind, so könnte man sie als gegen das Boyle'sche Gesetz entscheidend ansehen; allein die nur wenig von einer

constanten abweichende Gröſse derselben deutet vielmehr auf irgend einen constanten Fehler.

Auſser dieser Reihe von Versuchen machten die Beobachter noch einige mit Luftbehältern von Windbüchsen. Von diesen wurde zuerst ihr Inhalt bestimmt, dann füllte man sie mit verdichteter Luft, fand durch hydrostatische Wägung die Ausdehnung des Metalles durch einfache Wägung die Quantität der eingeschlossenen Luft, und die Kraft endlich, welche erfordert wurde, das Ventil aufzudrücken, durch einen mit Gewichten belasteten Hebel gemessen, gab die Elasticität. Die Experimentatoren gestehen indeſs selbst, daſs vermittelst dieser Methode keine sehr hohe Genauigkeit zu erlangen sey, welches um so richtiger ist, wenn man berücksichtigt, daſs für die stärksten Compressionen ein Ventil mit Leder angewandt werden muſste, da die mit stählerner aufgeschliffener Fläche nicht fest genug schlossen. Inzwischen wurde die Verdichtung der Luft von 1,122 bis 66,254 untersucht, die der atmosphärischen bei mittlerem Barometerstande als Einheit angenommen, und auch hierbei zeigten sich die Elasticitäten den Dichtigkeiten direct proportional, wenn man die unvermeidlichen Beobachtungsfehler gegenseitig ausgleicht. Hiernach ist man also berechtigt, das Boyle'sche Gesetz innerhalb der Grenze meſsbarer Zusammendrückungen für absolut gültig anzuerkennen und die durch Robison gefundene Abweichung ist vermuthlich eine Folge der Elasticität des Glases. Darf man auf Analogieen einen Schluſs gründen, so ist dasselbe so weit gültig, bis die Gase derjenigen Dichtigkeit nahe kommen, bei welcher sie ihren Aggregatzustand zu ändern anfangen.

Die genannten Experimentatoren verglichen nämlich nachher das Verhalten der atmosphärischen Luft und des schweflichtsauren Gases. Sie nahmen zu diesem Ende einen starken gläsernen Cylinder AAAA, mit einem oberhalb darauf befestigten messingnen Cylinder BBBB, in welchem der Embolus C vermittelst der Schraube D herabgedrückt werden kann. In dem eisernen Gefäſse FF stehen die beiden gleichen und gleichmäſsig getheilten Röhren EE,EE, welche durch die Glasstreifen GG,GG in lothrechter Stellung erhalten werden. Der Cylinder wird dann bis HH mit Quecksilber gefüllt, und in dieses werden die mit Luft und dem zu vergleichenden Gase gefüllten Röhren gesenkt, der ganze Cylinder aber, sowohl der gläserne als

(Fig. 155. — margin note beside "sernen Cylinder AAAA")

auch der messingne mit Wasser, welches durch den Embolus herabgedrückt das Quecksilber in die Röhren treibt, und die beiden expansibelen Flüssigkeiten comprimirt. Auf diese Weise erhielten die Experimentoren folgende Werthe bei 21°,25 C.

Schwefels. Gas	Atmosph. Luft	Unterschiede
1	1	0,0000
1,2302	1,2297	0,0005
1,4396	1,4403	0,0007
1,6228	1,6228	0,0000
1,8542	2,8539	0,0003
2,0310	1,0307	0,0003
2,2475	2,2747	0,0001
2,2879	2,2874	0,0005
2,3356	2,3289	0,0067
2,3835	2,3720	0,0115
2,4798	2,4619	0,0169
2,5831	2,5610	0,0221
2,6488	2,6171	0,0317
2,7595	2,7240	0,0355
2,8207	2,7819	0,0388
2,9556	2,9056	0,0499
3,0240	2,9717	0,0523
3,1733	3,1130	0,0603
3,3186	3,1889	0,1297

Man sieht aus den hier im Auszuge mitgetheilten Werthen deutlich, dafs die Elasticität des schweflichsauren Gases bei den Compressionen unter 2,25 Atmosphären der Dichtigkeit desselben proportional ist, von da an aber nimmt die Dichtigkeit schnell zu, und wächst in zunehmender Progression. Bei 3,2689 wollen die Beobachter die Flüssigwerdung des Gases bemerkt haben, welche wahrscheinlich schon früher angefangen hatte, jedoch waren die ersten Niederschläge ohne Zweifel an der Oberfläche der Röhre und des Quecksilbers niedergeschlagen.

Aehnliche Resultate erhielt Despretz [1] mit einem unvollkommenen Apparate, und er ist deswegen jetzt damit beschäftigt, die Versuche vermittelst eines zweckmäfsiger construirten in gröfserem Umfange fortzusetzen. Im Allgemeinen fand er indefs schon aus den bisher angestellten, dafs alle von ihm angewandte Gasarten, mit Ausnahme des Wasserstoffgases bei gleichem vermehrten Drucke ein kleineres Volumen haben, als atmosphärische Luft, und dafs der Unterschied der Volumi-

1 Ann. Ch. P. XXXIV. 335. u. 443.

num beider nicht blofs bei vermehrtem Drucke zunimmt, sondern auch so viel gröfser ist, je leichter die Gasarten durch mechanischen Druck die tropfbarflüssige Gestalt annehmen. Blofs das Wasserstoffgas verhielt sich bis zu 15 Atmosphären Druck mit der atmosphärischen Luft sehr nahe gleichmäfsig, jedoch vermuthet Despretz, dafs auch die letztere unter sehr hohem Drucke sich vom Mariotte'schen Gesetze abweichend zeigen werde. Als Beispiel, wie bald eine Verschiedenheit der Dichtigkeiten bei gleichmäfsig vermehrtem Drucke eintritt, dient folgende Uebersicht:

Luft	1,000	Ammoniakgas	1,000
	1,819		1,850
	2,582		2,663
	3,863		4,132

Theoretische Untersuchungen über die Frage, ob die Zusammendrückung der Gasarten eine gewisse Grenze nicht überschreiten könne, sind von vielen angestellt. Als die wichtigsten mögen die von d'Alembert[1], L. Euler[2] und J. T. Mayer[3] genannt werden. Im Allgemeinen laufen diese insgesammt darauf hinaus, dafs das Boyle'sche Gesetz nach anerkannten physikalischen Principien nur bis zu einer gewissen Grenze gültig seyn kann. Insofern aber diese letztere namentlich hinsichtlich der Zusammendrückung nur durch die Erfahrung bei den verschiedenen Gasarten gefunden werden kann, scheint es mir überflüssig, den Inhalt jener Untersuchungen hier weiter zu verfolgen.

Endlich verdient es nur kurz erwähnt zu werden, dafs die Elasticität der in Gefäfse eingeschlossenen Luft, mag dieselbe gröfser oder geringer seyn, durch die Zeit keine Veränderung erleidet, wenn sie nicht mit Körpern in Berührung ist, welche chemisch auf sie einwirken. Die Nothwendigkeit hiervon leuchtet wohl von selbst ein, denn die Elasticität gehört zum Wesen der Gasarten, und kann also auf keine Weise aufhören, so lange diese Substanzen unverändert dieselben bleiben. Indefs hat man sich bemühet, die Sache durch die Erfahrung zu prüfen, welches we-

1 Traité des Fluides L. I. chap. 6.

2 Comm. Pet. II. Robins Artill. p. 85. 95.

3 Diese gehaltreiche Abhandlung wird in dem nächsten, noch nicht völlig gedruckten, Bande der Götting'schen Commentarien erscheinen, und ist vorläufig nur aus einer Anzeige in den Gött. gel. Anz. Jahrg. 1822 bekannt.

gen des genauen Schliefsens der Apparate stets eine schwierige Aufgabe ist. Roberval will jedoch die Elasticität der Luft in einer geladenen Windbüchse 16 Jahre lang unverändert gefunden haben; Hawksbee dagegen verstopfte einen Heronsbrunnen, als er eben aufgehört hatte zu springen, und fand beim nachherigen Eröffnen, dafs noch etwas Wasser herauslief, woraus er schlofs, dafs die Luft durch Compression ihre Elasticität zum Theil verliere, und sie nachher wieder erhalte. Um diese Behauptung zu widerlegen, comprimirte Musschenbroeck[1] Luft in einer Boyle'schen Röhre durch Quecksilber, schmolz den längern Schenkel oben zu, und fand während fünf Jahren die Elasticität unverändert. Neuere Versuche dieser Art sind gewifs in Menge angestellt, man hat es aber nicht der Mühe werth gehalten, sie bekannt zu machen, weil die Sache selbst keinem Zweifel unterliegen kann.

Dafs es also schwierig sey, die Frage bestimmt zu beantworten, welche Veränderungen die Gasarten durch sehr hohe Grade der Compression erleiden würden, und bis zu welcher Grenze bei einer jeden derselben das Mariotte'sche Gesetz gültig sey, ergiebt sich aus den bisherigen Betrachtungen genügend; allein noch ungleich schwieriger, wo nicht unmöglich, ist es zu bestimmen, bis wie weit dasselbe hinsichtlich der Expansion der Gasarten reiche. Jenes läfst sich durch Versuche bis zu einer weit hinausgehenden Grenze prüfen, wobei ohne Zweifel viele schon bekannte und mehrere noch nicht berücksichtigte Schwierigkeiten zum Vorschein kommen können, dieses aber scheint bis jetzt noch durch gar keine Versuche der genauen Ausmittelung fähig, weil die Messung der geringsten Aeufserungen der Elasticität allem Anschein nach unter die unmöglichen Aufgaben gehört. Die Verdünnungen der Luft vermittelst der Luftpumpe lassen sich kaum bis zur tausendfachen treiben, und erreichte man das Doppelte hiervon, so würde die Differenz der Quecksilberhöhen von 0,15 Lin. bei dem unvermeidlichen Einflusse der Capillarität schon keine genaue Messung mehr zulassen. Auf was für eine andere Weise aber irgend eine Messung angestellt werden könnte, ist für jetzt noch unbekannt. Es ist mir defswegen auch noch nicht klar, auf welche Weise Musschen-

1 Introd. II. §. 2161.

BROEK [1] eine viertausendfache Ausdehnung der Luft gemessen haben will, noch unglaublicher muſs es aber erscheinen, wenn BOYLE [2] eine 8000, dann eine 10,000 und endlich gar eine 13,679fache Verdünnung beobachtet zu haben vorgiebt. Die geringste meſsbare Dichtigkeit der atmosphärischen Luft, welche noch Gegenstand des Messens bleibt, wird ohne Zweifel in unserer Atmosphäre selbst angetroffen; denn wenn man mit groſser Wahrscheinlichkeit annimmt, daſs in dieser das Boyle'sche Gesetz wenigstens bis zu einer gewissen Grenze Anwendung findet, und mit DE LAMBRE [3] den äuſsersten Schein des Dämmerungslichtes in eine Höhe von nahe 10 geographischen Meilen setzt, so beträgt die Dichtigkeit der Luft daselbst nicht mehr als 0,0156 derjenigen an der Oberfläche der Erde [4], und würde das Quecksilber nur 0,05 Lin. zu heben vermögen, also bis zu einer Höhe, welche sich in der Capillarität verlieren müſste, wenn man sie vermittelst eines Quecksilberbarometers messen wollte. Es ergiebt sich also hieraus und auf gleiche Weise aus den bekannten Thatsachen über die auſserordentliche Theilbarkeit der Körper, daſs auf dem Wege der Erfahrung die Grenze unmöglich gefunden werden kann, bis zu welcher die Ausdehnung der Gasarten reicht, wenn es gleich auf einen Widerspruch in den Begriffen führt, das Mariotte'sche Gesetz in dieser Beziehung für absolut gültig und diesem nach die Gasarten als expansibel bis ins Unendliche anzusehen; denn da zwischen dem geometrisch unendlich Kleinen und dem Nichts kein Unterschied ist, so müſsten die Gasarten hiernach streng genommen, aus dem Etwas durch Expansion in das Nichts und aus diesem wieder durch Compression in das Etwas übergehen können, welches offenbar einen Widerspruch in sich schlieſst. Wir können also bloſs sagen, daſs die Gasarten sich *physisch* bis ins Unendliche, d. h. weiter expandiren lassen, als physische Messung, Wahrnehmung und Bestimmung reicht. Innerhalb der Grenze der Beobachtungen ist dann auch nach den schon angegebenen Versuchen und denen, welche durch DE LÜC, ROY, TREMBLEY,

1 Introd. §. 2163.

2 Encyclop. meth. I. 120. Hutton Dict. I. 52.

3 Astronomie théorique et pratique. III. 337.

4 S. *Atmosphäre*. I. 451.

Shuckburgh u. a. angestellt sind [1], das Boyle'sche Gesetz für expandirte Luft stets bestätigt gefunden. Vor nicht langer Zeit hat übrigens Wollaston [2] auf die Erfahrung einen sinnreichen Schlufs gegründet, wonach er die unbegrenzte Anwendbarkeit jenes Gesetzes verwirft. Aus demselben würde nämlich folgen, dafs die Atmosphäre unserer Erde unbegrenzt wäre; denn da der Druck derselben mit der Höhe abnimmt, und dieser Abnahme proportional die Ausdehnung wächst, so ist keine Grenze derselben denkbar, sie würde also nicht blofs bis an den Mond, sondern auch bis zur Sonne und den übrigen Planeten reichen, letztere würden demnach der Stärke ihrer Anziehung proportional von dieser Atmosphäre sich aneignen, und es müfste daher namentlich um den Jupiter eine weit dichtere Atmosphäre vorhanden seyn, als um unsere Erde, weil seine Anziehung ungleich beträchtlicher ist. In diesem Falle aber würden die Trabanten desselben wegen der lichtbrechenden Kraft seiner Atmosphäre nicht hinter ihm verschwinden können, wenn letztere nur eine gleiche Dichtigkeit hätte, als die unserer Erde, und das Unsichtbarwerden jener Trabanten hinter dem Jupiter zeigt daher deutlich, dafs die von ersteren ausgehenden Lichtstrahlen nicht in einer Atmosphäre des letzteren gebrochen werden, diese also auch nicht, wenigstens nicht von der Art, wie die unsrige, vorhanden seyn kann. Diese Folgerung weiter auch auf die Atmosphären der übrigen Himmelskörper auszudehnen, und hiernach also anzunehmen, dafs sie sich sämmtlich unter einander mischen müfsten, ist unzulässig, weil das Mariotte'sche Gesetz nach der Erfahrung nur von den Gasarten unserer Erde gilt.

Endlich mufs hier auch noch eine Reihe von Versuchen erwähnt werden, auf welche Döbereiner durch eine zufällige Beobachtung geführt wurde. In mehreren, absichtlich defswegen angestellten Versuchen fand dieser eifrige Naturforscher nämlich, dafs Wasserstoffgas durch sehr feine Risse in den sperrenden Campanen drang, welche dem Auge kaum bemerklich waren, andern Gasarten aber, namentlich dem Sauerstoffgas, Stickgas und seiner Verbindung als atmosphärische Luft den Durch-

1 S. Robison a. a. O. III. 641.

2 Phil. Trans. 1822. I. 89.

gang versperrten [1]. Noch hat niemand diese Thatsache zu erklären vermocht, ohne auf die Folgerung geführt zu werden, daſs die constituirenden Elemente der Gasarten eine verschiedene Gröſse haben. Ist dieses zugestanden, wofür noch andere Thatsachen entscheiden, so müssen alle Elemente auf allen Fall einige Gröſse haben, und die Behauptung einer unendlichen Ausdehnung verliert allen Sinn, weil sie ein endlich groſses unendlich klein nennen, oder einen unendlichen Abstand der constituirenden Bestandtheile der Gasarten von einander annehmen müſste.

C. Wesen der Gasform.

Bei weitem der schwierigste Theil der Untersuchungen ist noch übrig, nämlich derjenige, welcher das *eigentliche Wesen der Gasform* und *die sie erzeugenden Ursachen* betrifft. Mehrere ältere Hypothesen hierüber haben kaum noch geschichtliches Interesse, und mögen daher nur kurz erwähnt werden. Im Geiste der Cartesischen Wirbel- und Aethertheorie findet Joh. Bernoulli [2] die Ursache der Elasticität überhaupt in der Bewegung einer sehr zarten, in den innersten Zwischenräumen der Körper eingeschlossenen flüssigen Materie. Nach einer gleichen Ansicht läſst L. Euler [3] die Luft aus einer unzählbaren Menge hohler Kügelchen bestehen, in denen jene Materie eingeschlossen seyn soll. Je schneller die letztere umläuft, um so mehr sucht sich dasselbe auszubreiten; im Centrum aber befindet sich ein leerer Raum, welcher durch Compression kleiner wird und am Ende verschwindet, in welchem letzteren Falle die Luft den höchsten Grad der Dichtigkeit hat, und keiner Zusammendrückung mehr fähig ist. Es war für einen Geometer, wie sich der groſse Euler gezeigt hat, wohl nicht schwer, auf diese Voraussetzungen Formeln zu gründen, deren Resultate mit den Ergebnissen der Erfahrung übereinstimmen, allein niemand wird deſswegen jene Hypothesen selbst für geometrisch erwiesen hal-

1 Die neuesten und wichtigsten physikalisch - chemischen Entdeckungen. Jena 1828. 4. p. 15.

2 Opera. III. 81.

3 Comm. Pet. II. 347.

ten. Rohault [1] mag als der Urheber einer Hypothese genannt werden, welcher viele andere früher beipflichteten, wonach die Elemente aller elastischen Körper und selbst also auch der Luft die Gestalt elastischer Fasern, wie Baumwollenfädchen, haben oder aus Ringen, federnden Atomen u. s. w. bestehen sollen. Eine Widerlegung solcher Erklärungen ist jetzt überflüssig.

An die Cartesische Hypothese schliefst sich gleichfalls die durch le Sage aufgestellte an, welche von jener nicht wesentlich verschieden von ihrem Entstehen an bis auf die neuesten Zeiten herab gewichtige Anhänger gefunden hat. Die Theorie, welche dieser Gelehrte mit übergrofser Ausführlichkeit mitgetheilt hat, findet sich dem Wesen nach kurz angedeutet schon bei R. Boyle [2], Parent [3], Mariotte [4], Herman [5], Dan. Bernoulli [6], Dan. und Joh. Bernoulli [7], indefs achteten die Physiker weniger darauf, weil sie neben wichtigern Untersuchungen nur ein geringeres Interesse erregte, bis zur Zeit der ausführlichern Behandlung, welche ihr später zu Theil wurde. Inzwischen läfst sich die weitschweifige Demonstration des le Sage leicht mit kurzen Worten wiedergeben. Nach ihm bestehen alle Gasarten aus festen unelastischen Elementen, deren mittlere Abstände von einander viel gröfser sind, als ihre Durchmesser. Alle befinden sich in einer sehr schnellen fortschreitenden Bewegung, deren Richtung nothwendig nach allen Seiten hin statt findet, denn sobald eins gegen das andere stöfst, oder einen widerstehenden Körper trifft, so erneuert es seine Bewegung mit ungeschwächter Kraft. Als primitive Ursache dieser anfänglichen und stets verneuerten Bewegung ist aber der ungleiche Stofs des Aethers *(corpuscules ultramondains)* gegen die entgegenstehenden Seiten der Luftatome anzusehen [8]. Diese

1 Physica ex ed. Clarkii. Lond. 1711. 8. P. III. C. II. §. 2.

2 New Experiments cet. Oxf. 1660.

3 Mém. de l'Ac. 1708.

4 Essay sur la nature de l'air. Par. 1676.

5 Phoronomia. Lib. II. C. 6.

6 Hydrodynamica. sect. 10.

7 Pièces qui ont eu part au prix de l'Acad. des Sc. de Paris 1746.

8 Die ganze, in verschiedenen Abhandlungen zerstreuete Theorie des le Sage findet man am vollständigsten in Notice sur la Vie et les écrits de George Louis le Sage de Genève etc. chez J. J. Paschoud

einfachen Sätze werden sehr weitläufig ausgeführt und auf die bekannten Erscheinungen angewandt, allein das Wesentlichste, nämlich einen Beweis für die wirkliche Existeuz solcher absolut harten Atome, ihrer Bewegung und selbst eines diese bewirkenden Aethers findet man nirgend, und sonach kann das Ganze bei dem jetzigen Standpuncte der Naturlehre keinen Beifall finden, ja bei dem gänzlichen Mangel einer vorhandenen Begründung kann dasselbe nicht einmal auf die Mühe einer Widerlegung Ansprüche machen.

Aufser Prevost, dem Schüler des le Sage, hat vorzüglich de Lüc dieses System in Aufnahme zu bringen gesucht. Rücksichtlich der expansibelen Körper bleibt letzterer der ursprünglichen Darstellung völlig getreu, und ist hauptsächlich nur bemühet, eine gröfsere Menge von Thatsachen aus der aufgestellten Hypothese zu erklären [1], aufserdem aber hat derselbe seine elektrische Theorie auf ähnliche Prämissen gegründet. Obgleich aber die elektrischen Erscheinungen sich jenen Ansichten ungleich leichter anfügen lassen, als die Gesetze der gasförmigen Körper, so ist doch schon im Artikel *Elektricität* [2] nachgewiesen, dafs jener Theorie nicht unaufhebliche Schwierigkeiten entgegenstehen, und indem dieselbe in Beziehung auf das Verhalten der Gasarten durch alles dasjenige, was de Lüc darüber beigebracht hat, durchaus keine neue factische Stütze erhält, so mufs sie auch in diesem etwas veränderten Gewande als blofs hypothetisch, mithin factisch nicht begründet verworfen werden.

Newton war der Meinung, das Streben nach Ausdehnung bei den Gasarten und Dämpfen sey die Aeufserung einer abstofsenden Kraft, auch versuchte er, das Mariotte'sche Gesetz hiernach zu demonstriren; er glaubte indefs selbst nicht, das eigentliche Wesen dieser Kraft erkannt zu haben, auch wird sich aus dem Folgenden ergeben, dafs seine Demonstration nicht durchaus zulässig sey. Zuerst zeigt er die Möglichkeit der Existenz repulsiver Kräfte durch eine Vergleichung derselben mit

à Paris et Genève. I Vol. 8. und in Deux Traités de Physique mécanique publiés par Pierre Prevost. Par. 1818. 8.

1 Neue Ideen über die Meteorologie. A. d. Fr. Berl. und Stettin 1787. 8. Einl. S. 6.

2 Th. III. S. 364.

algebraischen Gröfsen; denn, sagt er, so wie in der Algebra die bejahenden Gröfsen abnehmend zuletzt verschwinden und in verneinende übergehen, so mufs auch in der Mechanik da, wo die Anziehung aufhört, eine Repulsion eintreten [1]. Es folgt hieraus unmittelbar, dafs der bekannten Newton'schen Anziehung keine Abstofsung in der physischen Welt entgegenstehen kann; denn da diese wie die Quadrate der Entfernung abnimmt, so würde sie in der Entfernung $a = 1$ gesetzt in der Entfernung $= x$ durch $k = \frac{1}{x^2}$ ausgedrückt erst dann verschwinden, wenn $x = \infty$ würde, und könnte somit erst in aufserweltlichen Räumen existiren [2]. Die Wirksamkeit einer solchen Kraft, sagt Newton weiter, scheint auch zu folgen aus der Erzeugung der Luft und Dämpfe, denn die aus den Körpern durch Hitze und Gährung ausgestofsenen Partikelchen entweichen von jenen Körpern und von einander mit einer grofsen Kraft, sobald sie aus ihrer Attractionssphäre gerückt sind, sie fliehen eine Wiedervereinigung, so dafs sie einen zehnfachen, hundert- ja tausendfachen Raum einnehmen, als vorher im Zustande der Dichtigkeit. Diese aufserordentliche Ausdehnung und Zusammenziehung kann aber keineswegs erklärt werden, wenn man sich die Luftpartikelchen als elastische Fäden oder Ringe vorstellen wollte, und man mufs daher eine zurückstofsende Kraft bei ihnen annehmen. Flüssige Körper werden blofs durch Wärme expandirt und durch Kälte wieder in ihren vorigen Zustand zurückgebracht, diejenigen aber, welche feste heifsen, erfordern eine gröfsere Hitze und vielleicht auch Gährung, um wahre Luft zu werden, deren Theile sich bleibend mit grofser Kraft zurückstofsen. Hierdurch hat Newton zwar das Phänomen bezeichnet, aber den eigentlichen Conflict der entgegenwirkenden Kräfte keineswegs genau angegeben.

Weit bestimmter in Beziehung auf das Boyle'sche Gesetz äufsert sich Newton an einer andern Stelle [3]. Er denkt sich

1 Optice qu. XXXI. ed. Clarcke p. 320.

2 Eine so auffallende Folge, welche die Existenz einer Repulsivkraft völlig zu widerlegen scheint, wäre dem scharfsinnigen Newton gewifs nicht entgangen; allein bekanntlich nimmt dieser zur Erklärung des Verhaltens der Gasarten attractive und repulsive Kräfte an, welche nach andern Gesetzen wirken sollen.

3 Princ. L. II. prop. 23. T. II. p. 121. ed. Tessaneck.

hier die expansibele Flüssigkeit in einen Würfel eingeschlossen, dessen Seite $= a$ seyn möge. Wird die eingeschlossene Masse dichter mit Beibehaltung der Würfelform, so verhält sich ihre Dichtigkeit umgekehrt wie der Cubus der Seite, also $= 1 : a^3$ und die zusammenpressende Kraft muſs also $= 1 : a^{3m}$ seyn. Findet dann zwischen den geradlinig über einander liegenden Theilchen eine in der umgekehrten nten Potenz wirkende abstoſsende Kraft statt, so wird jedes Theilchen mit der $\frac{1}{a^n}$ Kraft zusammengedrückt werden müssen, und da der Würfel im Verhältniſs von $1 : a^2$ kleiner wird, wenn der Druck seine ganze Oberfläche trifft, die Elasticität aber der zusammendrückenden Kraft gleich ist, so muſs $\frac{1}{a^n} \times \frac{1}{a^2} = \frac{1}{a^{3m}}$ seyn, wodurch $\frac{a^{3m}}{a^2} = a^n$ und $n = 3m - 2$ wird. Bei Gasarten ist aber $m = 1$, weil die Elasticität sich umgekehrt, wie die erste Potenz des Volumens verhält, mithin ist $n = 1$ oder die abstoſsende Kraft verhält sich umgekehrt, wie die Abstände der Molecülen der Luft. Auf diese Weise schlieſst Newton allerdings schulgerecht aus der Erscheinung, allein er verwahrt sich gegen die Folgerung, als sey damit die wirkliche Existenz von Luftatomen und einer ihnen eigenthümlichen, im einfachen umgekehrten Verhältnisse des Abstandes wirkenden Repulsionskraft erwiesen [1]. Musschenbroek [2] dagegen glaubt zwar eine solche abstoſsende Kraft annehmen zu müssen, will aber nicht darüber entscheiden, ob diese Elektricität oder eine andere Kraft sey, und hält es daher vorläufig für hinreichend, die Ueberzeugung von der Elasticität der Luft zu haben. Robison [3] kommt bei seiner Prüfung dieses Gesetzes auf ein ähnliches Resultat. Zuerst bemerkt er, daſs eine gewöhnliche Luftpumpe leicht eine 125fache Verdünnung hervorbringt, wobei dann der Abstand der Theile 5mal gröſser seyn müsse, und dennoch wirke die abstoſsende Kraft noch in diese Ferne, und in noch gröſsere, da die Verdünnung sich leicht noch weiter treiben lasse. Hieraus folgt aber, daſs die

1 An vero fluida elastica ex particulis se mutuo fugantibus constent, quaestio physica est. Nos --- mathematice demonstravimus, ut philosophis ansam praebeamus, quaestionem illam tractandi.

2 Introd. T. II. §. 1202.

3 System of Mech. Phil. III. 644.

Kraft, welche die Lufttheilchen zurücktreibt, sich auf einen 5 mal gröſseren Abstand erstrecken könne, als in welchem sie sich im gewöhnlichen Zustande befinden, und hieran knüpft sich nothwendig die Frage, ob in diesem gewöhnlichen Zustande die Kraft sich auch bis auf die 5 mal entfernteren Theile erstrecke, und nach welchem Gesetze sie abnehme. Sollte die Kraft dem Abstande proportional abnehmen, so müſste sie für die auf einander folgenden Theilchen gegen das erste = 5 gegen das zweite = 2,5 gegen das dritte = 1,667 gegen das vierte = 1,25 gegen das fünfte = 1 gegen das sechste = 0,8333 seyn u. s. w., dann würde aber eine vierfache Verdichtung den achtfachen, eine neunfache den 27 fachen Widerstand leisten, was gegen die Erfahrung streitet. Dränge ferner diese Kraft durch die umgebende Hülle, so müſsten zwei Sphären mit verdichteter Luft erfüllt, einander abstoſsen, mit verdünnter einander anziehen.

Wenn wir uns vorstellen könnten, daſs die Lufttheilchen einander innerhalb unmerklicher Abstände mit gleichbleibender Kraft abstieſsen, so würde dieses mit den Erscheinungen übereinstimmen. Denn wenn wir uns eine Reihe solcher Partikeln vorstellen, welche in jedem Abstande gleichmäſsig abgestoſsen werden, und wir lassen eine zusammendrückende Kraft gegen beide Enden wirken, so wird die Zahl der zusammengedrückten Partikeln und also die Summe ihrer repulsiven Kräfte dem Raume umgekehrt proportional seyn, welches genau mit dem Boyle'schen Gesetze übereinkommt. Robison bemerkt indeſs, daſs eine solche Kraftäuſserung sonst in der Natur überall nicht vorkommt.

Eine sehr gründliche, vielumfassende und mit groſsem Scharfsinne durchgeführte Untersuchung dieses Gegenstandes hat J. F. Fries [1] geliefert. Zuerst prüft er nach geometrischen Grundsätzen, wie im Allgemeinen Grundkräfte, oder solche, welche nicht wieder von andern abgeleitet werden können, in Beziehung auf Masse und Geschwindigkeit wirken müssen. Die hierdurch erhaltenen Resultate würden absolute Gültigkeit haben, und könnten somit als sichere Grundlage zur Bestimmung der Wirksamkeit der Naturkräfte betrachtet werden, wenn nicht

1 Mathematische Naturphilosophie. Heidelb. 1822. 8. S. 443. ff.

die Allgemeinheit der Bestimmungen erforderte, daſs man dabei alles vom unendlich Kleinen bis zum unendlich Groſsen umfassen muſs, welches in der Mathematik zwar zur allgemeinen Gröſsenbestimmung zulässig ist, in der Physik aber nicht füglich Anwendung finden kann, insofern diese überall nicht über das Endliche hinausgeht. Inzwischen erhält Fries als Resultat der geometrischen Construction der anziehenden und abstoſsenden Kräfte folgende zwei hier zunächst in Betrachtung kommende Hauptsätze:

1. Wenn Grundkräfte von Punct zu Punct im umgekehrten Verhältniſs der ersten oder zweiten Potenz der Entfernung wirken, so verschwindet die Wirkung in der Berührung.

2. Für alle unmittelbar in der Berührung wirkende Grundkräfte hängt also die Wirkung einzig von der specifischen Kraft des Stoffes und der Dichtigkeit der Masse an der Berührungsfläche ab.

Dieser letztere Satz ist offenbar der Ausdruck des Mariotte'schen Gesetzes, und es scheint also, als sey die Sache durch Hülfe der Geometrie enträthselt; allein wenn man den analytischen Untersuchungen aufmerksam folgt, so entdeckt man bald, daſs die Bezeichnung für die specifische Kraft des Stoffes und die Dichtigkeit der Masse nur in die Formel hineingebracht ist, um sie vollständig zu machen, keinesweges aber aus ihr nothwendig folgt. Zweitens aber kann man sagen, die Sache sey hierdurch bloſs benannt, aber nicht erklärt; denn man weiſs allerdings wohl, daſs bei der Elasticität der Gasarten eine gewisse Kraft nach einem bestimmten (dem Mariotte'schen) Gesetze wirkt, man will aber wissen, was für eine Kraft dieses sey, ob eine individuelle für sich bestehende, oder eine noch sonst wirksame, und wie ihre Wirkung sich aus ihrer Wesenheit erklären lasse. Endlich stimmt die hiernach gegebene Erklärung nicht mit der Erfahrung überein. Als Beispiel möge das Ammoniakgas dienen, welches aus 3 Maſs Wasserstoffgas und 1 Maſs Stickgas besteht. Bringt man diese Gasarten in dem genannten Verhältniſs als solche zusammen, so ist das spec. Gew. der Mengung = 0,292825; das des Ammoniakgas aber = 0,59669. Hier haben wir in beiden Fällen die nämlichen Stoffe, und sie müſsten daher bei gleicher Dichtigkeit auch gleiche Elasticität haben, allein diese ist bei der Mengung über doppelt so groſs,

als bei der chemischen Verbindung, abgesehen davon, dafs jene durch einen Druck von 50 Atmosphären noch nicht tropfbar flüssig wird, diese aber schon bei 6,5.

Fries prüft dann die oben angegebene Newton'sche Bestimmung der bei den Gasarten wirksamen Kraft der Abstofsung, und findet sie im Widerspruche stehend mit dem oben angegebenen ersten Gesetze. Wäre letzteres vollkommen begründet, so würde Newton's Demonstration unstatthaft seyn, welche ohnehin auf der Annahme beruhet, dafs die Repulsivkraft sich nicht weiter als bis zum nächsten Luftatome erstreckt, wie Robison gezeigt hat; aufserdem aber gesteht Newton selbst zu, dafs seine Hypothese nur ein bestimmtes Phänomen construire, ohne das eigentliche Wesen der angenommenen Kraft und ihren Zusammenhang mit andern Naturkräften näher nachzuweisen. Fries meint zugleich, das angegebene Gesetz passe nur, wenn das Volumen immer gleich bleibe, also Kugeln zu Kugeln, Würfel zu Würfeln zusammengeprefst würden; allein wenn es für diese das Wesen der Sache wirklich angäbe, so liefse sich hiervon leicht eine Anwendung auf die übrigen Fälle machen. So lange wir bei Luftatomen stehen bleiben, und annehmen, dafs diese bei verminderter Dichtigkeit einen gröfseren Abstand von einander haben, mufs nothwendig die Wirksamkeit der Repulsivkraft bei wechselndem Abstande derselben von einander berücksichtigt werden. Fries dagegen will die Erscheinung nach dynamischer Ansicht auf Grundkräfte zurückführen, welche nur in der Berührung wirken. Hierbei kann jedoch unmöglich blofs von der Berührung des zusammendrückenden Körpers, noch weniger von einer Berührung der Expansivkräfte die Rede seyn, und somit kann schlechthin nur von der Berührung der Lufttheilchen geredet werden, wie grofs auch immer das Bestreben seyn mag, die verpönten Atome aus der Naturlehre zu verbannen. Wenden wir uns dann abermals an die Erfahrung, und nehmen des Beispiels wegen den Sauerstoff zuerst in seiner Verbindung mit Quecksilber, wie er dessen Gewicht und Volumen vermehrt, denken uns denselben dann vom Quecksilber getrennt und in Gas verwandelt, so ist es doch kaum vorstellbar, sich alle Theile der Basis dieser Gasart stets in unmittelbarer Berührung zu denken, wie grofs oder geringe auch die Dichtigkeit derselben seyn möge. Gesteht man aber zu, dafs die Abstände der Atome verschieden seyn können, so mufs nothwendig die

Wirksamkeit der ihnen eigenthümlichen Repulsivkraft für ungleiche Abstände der sollicitirten Massentheilchen nachgewiesen werden, und wir kommen allezeit auf die alte Schwierigkeit zurück, wofür Newton zwar ein Mittel irgend einer Vorstellungsart gegeben, sie aber keineswegs völlig gehoben hat. Seine Erklärung ist eine atomistische, insofern sie die ponderabele Basis der Gasarten aus Atomen bestehen läſst; Kant führte das Phänomen auf Kräfte zurück, wobei jedoch die Frage über das eigentliche Wesen und Verhalten der materiellen Grundlage der Gasarten unentschieden blieb, auch bemerkt Fries [1], daſs er die Ausdehnungskraft der Luft für keine ursprüngliche gehalten habe; viele Physiker nach Kant glaubten die Sache erledigt, indem sie behaupteten, das Verhalten der Gasarten lasse sich dynamisch, d. h. aus einem Conflicte anziehender und abstoſsender Kräfte genügend erklären. Ob es aber möglich sey, insbesondere bei dem jetzigen Standpuncte der Wissenschaft, nachdem der wesentliche Unterschied zwischen expansibelen, tropfbarflüssigen und festen Körpern in Gemäſsheit des factisch erwiesenen, bloſs durch mechanischen Druck bewirkten, Ueberganges aller dreier in einander aufgehoben ist, die Existenz und den Einfluſs der Luftelemente bei der Erklärung des Verhaltens der Gasarten ganz zu umgehen, muſs ich deſswegen bezweifeln, weil sonst alle Materie aufgehoben und ihrem Wesen nach bloſs auf Kräfte zurückgeführt werden müſste, eine Ansicht, welche jetzt unter den wirklichen Physikern schwerlich noch irgend einen Anhänger findet.

Die ältere Vorstellung, wonach die Ausdehnsamkeit der Gasarten eine Folge des Elementarfeuers seyn sollte, kann gegenwärtig nicht mehr in das Gebiet der Physik gehören, desto mehr Aufmerksamkeit verdient dagegen die Ansicht derjenigen, welche sie für eine Wirkung der Wärme halten, eine seit Amonton's von vielen Physikern angenommene [2], durch la Place in einem hohen Grade der Vollendung ausgeführte Hypothese. Diese groſse Geometer leitet nämlich den Aggregatzustand der Körper überhaupt aus dem Conflicte der Anziehung und Abstoſsung ab, welche zwischen den Molecülen der Körper und den

1 a. a. O. p. 488.

2 Journ. de Phys. 1799. T. II. p. 231 u. 413.

sie umgebenden Wärmeatmosphären statt finden [1], und gründet auf diese Hypothese eine geometrische Darstellung derjenigen Erscheinungen, welche unter dem *Mariotte'schen Gesetze* begriffen werden. Einige kürzere Andeutungen dieser, für die Ansicht, Kenntnifs und Beurtheilung der gesammten Naturgesetze wichtigen Hypothese, welche ihr Begründer theils früher theils später mitgetheilt hat [2], sind schwerer zu verstehen, und führen aufserdem nicht zur Kenntnifs des eigentlichen Grundes, worauf die ganze Untersuchung gebauet ist, wefswegen die blofsen Resultate mehr einem glücklichen Gedanken als einer allseitig tief durchdachten Theorie ähnlich sehen. Es scheint mir daher nicht überflüssig, eine etwas ausführlichere Darstellung des Ganzen zu versuchen [3].

La Place untersuchte schon früher [4] die Gesetze der Anziehung von kleinen Sphäroiden, welche Theile gröfserer Sphären sind, und die umgebenden Theile sowohl anziehen als auch von ihnen angezogen werden. Die hierfür gefundenen Formeln weichen etwas von denen ab, welche Newton gegeben hat, ohne jedoch das Hauptresultat im Wesentlichen zu ändern. Wird dann statt einer Anziehungskraft eine abstofsende angenommen, so müssen die nämlichen Ausdrücke auch für diesen Fall anwendbar seyn, und indem zugleich von einer Flüssigkeit die Rede ist, so benutzt er hierfür denjenigen Ausdruck, welcher von ihm gleichfalls schon früher [5] für den Zustand des Gleichgewichts eines flüssigen Theilchens im Innern einer flüssigen Masse aufgefunden ist, nämlich

$$dp = \varrho \varphi dr$$

worin p der Druck der Flüssigkeit, φ aber die Repulsivkraft bezeichnet, welche eine flüssige Sphäre vom Halbmesser $=$ R und einer Dichtigkeit $= \varrho$ gegen einen im Abstande $=$ r von ihrem Mittelpuncte befindlichen und einen Druck $=$ p erleidenden Punct ausübt. Nach den für die Attractionsgesetze gefundenen Differentialformeln ist dann

1 Vgl. *Flüssigkeit, Ursachen derselben.*

2 Ann. Ch. et P. XVIII. 181 u. 273., desgleichen an einigen andern bereits angegebenen Stellen.

3 Mécan. Cél. Tom. V. p. 104. ff.

4 Ebend. T. I. L. 2.

5 Ebend. T. I. L. 1. §. 17.

$$p = \text{const.} + 2\pi\varrho^2 \frac{R^2}{r} \frac{d}{dR} \cdot \left[\frac{\psi_{,,}(R+r) - \psi_{,}(R-r)}{R} \right]$$

Nach NEWTON sollen die Repulsivkräfte dem Abstande der Atome umgekehrt proportional seyn, wonach also $\varphi(r) = \frac{1}{r}$ ist; allein die Substitution dieses Werthes zeigt, daſs p dann nicht constant wird, und die Voraussetzung ist also unzulässig, wie auch schon durch ROBISON und FRIES nachgewiesen ist. Dasjenige, wodurch LA PLACE das Nämliche zeigt und die Voraussetzungen begründet, worauf seine folgenden Schlüsse gebauet werden, ist mir nicht völlig klar, die Sache selbst aber an sich und zugleich in Beziehung auf die gesammten Naturgesetze scheint mir auf Folgendem zu beruhen.

NEWTON sowohl als auch LA PLACE nehmen an, daſs die Attraction der Molecülen bei demjenigen Abstande von einander, in welchem sie sich im Zustande der Gasform befinden, verschwindend klein oder unmerklich sey, und ersterer scheint nicht abgeneigt, die Anziehungskraft in eine Repulsionskraft übergehen zu lassen, welche dann zur Erklärung der Phänomene der Entfernungen umgekehrt proportional wirkend anzunehmen wäre. Es ist indeſs schon oben bemerkt, daſs in gröſster Strenge genommen dieses erst in unendlicher Entfernung geschehen müſste, und da man hierbei sich damit nicht helfen kann, daſs man sagt, jede meſsbere Entfernung der Elemente sey für ihren unmeſsbaren Durchmesser eine unendliche Gröſse, weil die Anziehung nothwendig geometrisch $= 0$ werden muſs, ehe sie eine entgegengesetzte Gröſse werden kann, so ist die Annahme des Ueberganges der Anziehung in Abstoſsung ohne unbegründete Voraussetzungen völlig unzulässig, abgesehen davon, daſs es dann auch eine dem einfachen Verhältnisse des Abstandes proportionale Anziehung geben müſste, indem die Newton'sche allgemeine Attraction der Materie vielmehr dem Quadrate des Abstandes umgekehrt proportional ist, weil sie doch unmöglich beim Uebergange in das Entgegengesetzte ein anderes Gesetz, als vorher, befolgen könnte. Inzwischen wissen wir gewiſs, daſs die Newton'sche Attraction kein Körperelement, wie klein dasselbe auch seyn mag, verläſst, denn in Gemäſsheit dieser fährt es fort, gegen die Erde zu gravitiren und andere Körper anzuziehen, wenn die Gesammtmasse solcher vereinten Elemente groſs genug ist, um eine meſsbare Wirkung zu erzeu-

gen [1]. Bei solchen kleinen Massen, als welche die Luftatome bilden, ist aber diese Anziehung so unbedeutend, dafs sie, an sich unmefsbar, durch jede mefsbare Gegenwirkung überwunden werden und verschwinden mufs, ohne dafs man defswegen genöthigt wäre, eine Verwandlung der Anziehung in Abstofsung zu gestatten. Ob die Erscheinungen der Cohäsion und Adhäsion auf diese nämliche Kraft zurückgeführt werden können, wie einige behaupten, andere bestreiten, ist für die vorliegende Untersuchung ganz gleichgültig, indem jede hierbei wirksame Kraft nach den so eben beigebrachten Gründen bei mefsbarem Abstande unmefsbar werden mufs. Dagegen übt jedes Molecül einer Gasart Anziehung gegen die Wärme aus, und da die Wärmemolecüle sich gegenseitig abstofsen, so werden sie nicht blofs die ponderabelen Luftatome mit Ueberwindung der verschwindend kleinen Anziehung von einander trennen, sondern da die Wärme überall im Raume verbreitet ist, so mufs zugleich die Repulsion die Räume erfüllen, welche bei stärkerer Ausdehnung der Gasarten leer (oder vielmehr mit Wärmestoff erfüllt) werden, und somit überhaupt die Dichtigkeit der Gase als Function der Temperatur bedingen, wobei angenommen wird, dafs die Wirkungssphäre dieser Repulsion unmefsbar klein sey [2].

Ist dann ferner die in einem Elemente der Gasart enthaltene Wärme $= c$, so ist die Repulsion von zwei Elementen $= c^2$, und die Gröfse der Abstofsung kann durch $H c^2 . \varphi(r)$ ausgedrückt werden, worin H eine wahrscheinlich bei allen Gasarten, auf allen Fall aber bei dem nämlichen Gase constante Gröfse ist, $\varphi(r)$ aber für einen mefsbaren Werth von r verschwindet. Denkt man sich dann eine sphärische Hülle mit Gas erfüllt, in welcher Dichtigkeit und Elasticität an jeder Stelle gleich seyn müssen, welche so weit von der Hülle abstehen, dafs die Anziehungskraft von dieser keinen Einflufs auf die daselbst befind-

1 Vgl. *Anziehung* Th. I. S. 328.

2 Soll dieser letztere Satz den ersteren nicht aufheben, so müssen die Molecülen der Gase als unmefsbar klein gedacht werden, so dafs sie bei stärkster Expansion der Gase dennoch in einen verhältnifsmäfsig nicht grofser Abstand von einander kommen. Eine Ausdehnung derselben ins Unendliche wäre hiernach also unmöglich; indefs ist es schwer, dieses, durch Unbekanntschaft mit dem eigentlichen Wesen der Wärme, dunkele Gebiet völlig aufzuhellen.

lichen Partikeln ausüben kann, und in dieser Hülle eine ihr concentrische Sphäre vom Halbmesser $= R$, umgeben durch eine Lage Gas von gleicher oder gröſserer Dichtigkeit als die eingeschlossene Kugel, dann den Halbmesser dieser umgebenden Lage $= r$, so ist der Ausdruck der Repulsivkraft:

$$2\pi \frac{H c^2 \varrho R^2}{r R} \psi (r - R).$$

Diese Function muſs mit $4 \pi \varrho r^2 dr$ multiplicirt werden, um die Abstoſsung der innern Sphäre gegen die äuſsere Lage zu erhalten, deren Dichtigkeit $= \varrho$, Halbmesser $= r$ und Dicke $= dr$ ist. Wird dann $r - R = s$ gesetzt (wobei s eine unmeſsbare Gröſse hat), so wird unter der Voraussetzung, daſs r nur wenig von R abweicht, jene Function

$$2 \pi^2 . H c^2 \varrho^2 . 4 R^2 ds . \psi (s)$$

diese Formel integrirt für den Werth von $s = 0$ bis ∞ und $\int ds \psi (s) = K$ gesetzt, erhält man

$$2 \pi H c^2 \varrho^2 . 4 \pi R^2 K.$$

Denkt man sich dann die äuſsere Lage von endlicher Dicke und so, daſs sie durch die Repulsion der innern Sphäre gehoben werden könnte, aber durch einen Druck $= P$ zurückgehalten werde, so ist der Druck der ganzen Lage nahe $= 4 \pi R^2 . P$, und also für den Zustand des Gleichgewichts

$$P = 2 \pi . H c^2 \varrho^2 . K$$

Dieser Werth von P ist unabhängig von R, dem Halbmesser der Sphäre, weil die Repulsion der Wärme sich nur in unmerkliche Fernen erstreckt, und man also nur diejenigen Theile des Gases berücksichtigen kann, welche den dem Drucke P ausgesetzten Theilen sehr nahe sind.

Das Gleichgewicht der Wärmestrahlungen zwischen den Theilen des Gases und den umgebenden Körpern versteht sich zwar von selbst, allein La Place entwickelt auch diesen Theil der Aufgabe und unterwirft ihn mit seiner bekannten Gewandtheit dem analytischen Calcule. Hat diesemnach die Hülle und die von ihr eingeschlossene Luft die Temperatur $= u$, so ist klar, daſs jedes einzelne Molecül des Gases in jedem Augenblicke durch die Wärmestrahlen der umgebenden Körper getroffen werden muſs, und indem es einen Theil dieser Strahlen verschluckt, so muſs es zur Erhaltung des Gleichgewichts auch einen gleichen Theil wieder ersetzen, und so werden auf gleiche Weise alle Molecülen des Gases an allen Orten das Gleichge-

wicht erhalten, so dafs die Menge der Wärmestrahlen, welche eine gegebene Fläche in jedem Augenblicke erhält, blofs eine Function der Temperatur, ohne Rücksicht auf die Beschaffenheit des umgebenden Körpers ist, welche $\Pi(u)$ heifsen möge. Die Menge der von einem gegebenen Gas aufgenommenen Wärmestrahlen heifst dann q. $\Pi(u)$, wenn q ein von der Beschaffenheit des Gases abhängiger Factor ist, und kann nur ein geringer Theil der in den Körpern enthaltenen Wärme seyn, wenn man die aufserordentliche Geschwindigkeit dieser Strahlungen berücksichtigt. Wie aber auch die Art dieser Wärmestrahlung zwischen den Molecülen der Gasart und der sie umgebenden Körper seyn mag, so ist sie auf allen Fall im zusammengesetzten Verhältnisse der Dichtigkeit und der Wärme der umgebenden Gasart oder ϱc und der Wärme c, welche in dem Molecüle enthalten ist, also $= \varrho c^2$ und diesemnach mufs

$$\varrho c^2 = q' \Pi(u)$$

seyn, wenn q' einen durch die Beschaffenheit der Gasart bestimmten constanten Factor bezeichnet.

Die hiermit erhaltenen zwei Gleichungen bezeichnen die wesentlichen Eigenschaften der Gasarten. Denn wenn $2\pi HKq' = i$ gesetzt wird, so ist

$$P = i\varrho . \Pi(u)$$

d. h. bei gleichem Werthe von $\Pi(u)$ oder gleicher Temperatur ist die Elasticität der Luft ihrer Dichtigkeit direct proportional, wie Boyle und Mariotte gefunden haben, und vorausgesetzt, dafs u in u' verwandelt wird, P aber constant bleibt, so mufs

$$\varrho : \varrho' = \Pi(u) : \Pi(u')$$

seyn, wie von Gay-Lüssac und Dalton aufgefunden ist.

Zur Bestimmung der Temperatur sowohl überhaupt, als auch des Einflusses derselben auf das Volumen der Gasarten stellt La Place folgende Schlüsse auf. Wenn man sich einen gegebenen leeren Raum von einer gewissen Hülle umgeben denkt, so wird eine gegenseitige Wärmestrahlung von allen Puncten der Hülle durch diesen Raum statt finden, und die Dichtigkeit des Wärmestoffes wird daher in allen Theilen dieses Raumes gleich und eine Function der Temperatur der Hülle seyn. Da aber unter einem gleichen Drucke die Dichtigkeit der Gase den Temperaturen proportional ist, so mufs auch umgekehrt die Temperatur durch die Dichtigkeit der Luft mefsbar seyn, und das

Luftthermometer wird diesemnach Normalthermometer, wenigstens innerhalb derjenigen Grenzen, bis zu denen das Mariotte'sche Gesetz gültig ist. Hiernach läſst sich dann auch die absolute Wärme des Raumes messen; denn da sie der Ausdehnung der Gasarten proportional ist, diese sich aber um 0,375 ihres Volumens zwischen den festen Puncten des Thermometers ausdehnen, so ist $\frac{100}{0,375} = 266°,67$ C. die Wärme des Raumes. Aus diesen Betrachtungen folgt dann, daſs durch Compression der Gase Wärme entbunden werden müsse, und da die Affinität der Luftatome zur Wärme wächst, so wie sie selbst einander näher kommen, so ist die respective Wärmecapacität der Gase nach dem Verhältniſs ihrer Dichtigkeiten verschieden. Beides zusammengenommen begründet das durch LA PLACE aufgefundene Mittel, die Theorie der Geschwindigkeit der Schallfortpflanzung durch die Luft mit der Erfahrung in Einklang zu bringen.

Eine auffallende Bestätigung erhält die LA PLACE'sche Theorie durch das Verhalten der Dämpfe und der Gasarten, so wie durch eine Vergleichung beider mit einander, ohne daſs mir irgend eine expansibele Flüssigkeit bekannt wäre, welche auf eine gleiche oder ähnliche Weise sich derselben nicht fügen will, als dieses bei einigen tropfbar-flüssigen Körpern der Fall ist[1]. Rücksichtlich der Dämpfe, namentlich der aus Wasser gebildeten, ist nämlich wohl als erwiesen anzusehen, daſs die Summe ihrer freien und latenten Wärme eine constante Gröſse sey[2]. Wird dieses nach LA PLACE's Theorie analysirt, so heiſst es so viel: diejenige Wärmemenge, welche das Wasser bedarf, damit die Anziehung seiner Molecülen überwunden werde, ist stets gleich, und für einen gegebenen Raum (ohne genaue Zahlenbestimmungen) ungleich gröſser, als diejenige, welche den tropfbar-flüssigen Zustand des Wassers bedingt. Werden die in Dampfgestalt vorhandenen Molecülen durch mechanischen Druck einander näher gebracht, so treten drei, die Hypothese gleichmäſsig unterstützende Bedingungen ein. Zuerst nämlich wird eine Quantität Wärme durch Verringerung des einschlieſsenden Raumes frei, zerstreut sich, die Repulsion wird gerin-

1 Namentlich beim geschmolzenen Schwefel. S. oben *Flüssigkeit; Ursachen derselben.*

2 S. *Dampf.* Th. II. S. 295.

ger, und ein Theil der Dampfmolecüle vereinigt sich zu tropfbar flüssigem Wasser. Soll aber zweitens dieses nicht geschehen, so darf nichts von der vorhandenen Wärme verloren werden, damit die hierdurch proportional stärkeren Repulsionen derselben die Vereinigung der Wassermolecüle, und ihren Uebergang zur tropfbaren Flüssigkeit hindern. Weil aber drittens bei gröfserer Annäherung der Molecüle des Wassers ihre Anziehung zunimmt, so ist die Zunahme der Elasticität der Vermehrung der Wärme nicht direct proportional, sondern es werden von niederen zu höheren Temperaturen abnehmend wenigere Wärmegrade erfordert, damit die Elasticität um gleiche Gröfsen vermehrt werde, die Dichtigkeit des Wasserdampfes ist aber eine Function der Elasticität, weil mit letzterer auch die Wärme und somit die Intensität ihrer Repulsion wächst, durch welche die Molecülen der Dämpfe aus einander getrieben werden. Im Ganzen endlich ist aber sowohl die Elasticität als auch die Dichtigkeit der Dämpfe lediglich eine Function der Wärme.

Mit gleicher Genauigkeit lassen sich die Erscheinungen, welche die Gasarten rücksichtlich ihres Verhaltens zur Wärme darbieten, der Hypothese LA PLACE's anpassen, abgesehen von demjenigen, was in dieser Hinsicht schon oben in Beziehung auf das von BOYLE und MARIOTTE, so wie das von DALTON und GAY-LUSSAC, aufgefundene Gesetz beigebracht ist. DALTON stellte nämlich schon früher den Satz auf, dafs sich die Wärmecapacitäten der Gase umgekehrt wie ihre Atomengewichte verhalten, auch folgt etwas ähnliches aus den Versuchen von LA ROCHE und BERARD rücksichtlich des Stickgas und Sauerstoffgas; am ausführlichsten ist aber dieser Gegenstand behandelt durch HAYCRAFT, welcher aus seinen zahlreichen Versuchen folgert[1], dafs die specifischen Wärmen aller von ihm untersuchten Gase sich umgekehrt verhalten wie ihre specifischen Gewichte. Dieser Satz, nach LA PLACE's Hypothese naturphilosophisch erläutert, würde also folgern lassen, dafs die Quantität Wärme, welche in einem gegebenen Raume den Zustand der Expansion bedingt, eine constante Gröfse sey, weil ihre Repulsion nur eine gewisse Stärke zu erreichen nöthig hat, um das

1 Trans. of the Roy. Soc. of Edinb. X. 195. Daraus in G. Ann. LXXVI. 269. Eine nähere Beschreibung dieser Versuche und Prüfung ihrer Resultate S. unter dem Art. *Wärme*.

erforderliche Uebergewicht über die Attraction der Gasmolecülen zu erlangen, eine gleichmäſsige Compression durch äuſseren Druck vorausgesetzt. Soll diese Folgerung zulässig seyn, so muſs zugleich angenommen werden, daſs die Molecülen der Gasarten eine ungleiche Gröſse, und diesemnach auch ein verschiedenes absolutes Gewicht haben, so daſs man ihr specifisches Gewicht bei gleicher Elasticität dem absoluten Gewichte (oder der Gröſse) ihrer Molecülen direct proportional zu setzen hat. Die Annahme einer ungleichen Gröſse der Gasmolecülen läſst sich aber nicht bloſs aus dem jetzt allgemein herrschenden atomistischen Systeme der Chemie hypothetisch folgern, sondern hat auch durch die oben erwähnten interessanten Beobachtungen Döbereiner's eine unerwartete Bestätigung erhalten. Aus diesen folgt nämlich, daſs die Molecülen des Wasserstoffgas unter allen die kleinsten sind, weil sie feine Risse in Campanen durchdrangen, die denen schwererer Gasarten den Durchgang versperrten. Wollte man aus dieser Voraussetzung den Schluſs folgern, daſs hiernach die Dichtigkeiten der Gasarten unter gleichem Drucke und bei gleicher Temperatur ihren Mischungsgewichten direct proportional seyn müsse, so stimmt dieses mit der Erfahrung nicht überein, indem z. B. das Verhältniſs der Mischungsgewichte von Sauerstoff und Wasserstoff = 8 : 1 das Verhältniſs der Dichtigkeiten von Sauerstoffgas und Wasserstoffgas nahe 15 : 1 ist. Jene Folgerung ist indeſs ganz unzulässig. Die Dichtigkeit der Gasarten ist nämlich eine Function der specifischen Anziehung ihrer Molecülen gegen einander und zum Wärmestoffe, welcher letzterer eben hierdurch zur Erzeugung des veränderten Aggregatzustandes verwandt und dadurch zugleich latent wird. Die specifische Wärme der Gasarten dagegen ist die thermoskopisch wirkende, welche in einem gegebenen Raume die Elasticität der Gasarten durch ihre Repulsion gegen die Theilchen der letzteren bedingt, und da diese für einen gegebenen Raum zur Erzeugung gleicher Elasticität gleich seyn muſs, zugleich aber nach der Dichtigkeit der verschiedenen Körper gemessen wird, so muſs sie den specif. Gewichten der Gasarten umgekehrt proportional seyn [1]. Ob auch die Dämpfe

1 Etwas ähnliches zeigen auch die respectiven Wärmecapacitäten fester Körper, obgleich ihre Dichtigkeit dieser letzteren nicht umgekehrt proportional ist. Nach Dulong und Petit geben nämlich die

ein gleiches Resultat geben, ist zwar durch Versuche noch nicht genügend ausgemittelt, allein es sind allerdings gewichtige Gründe hierfür vorhanden, und die Sache verdient daher auf dem Wege der Erfahrung erst noch genauer untersucht zu werden [1].

Das Verhältnifs der Dichtigkeit, Elasticität und Wärmecapacität der Gase ist von keinem Physiker so lichtvoll und bestimmt dargestellt, als von Poisson, dessen kurze Abhandlung sich zwar in verschiedenen Zeitschriften findet [2], dennoch aber ihrer Wichtigkeit halber hier nicht übergangen werden kann, vielmehr eine ausführlichere Mittheilung verdient. Poisson dehnt seine Untersuchungen zugleich auf das Verhalten der Dämpfe aus, und in dieser Beziehung ist schon im Art. *Dampf* nachgewiesen, dafs die erhaltenen Resultate mit den Ergebnissen der Erfahrung nicht vollkommen übereinstimmen, wie jener Gelehrte selbst auch in einem Nachtrage [3] bemerkt. Die Ursache hiervon liegt hauptsächlich darin, dafs Poisson das Verhalten der Dämpfe und Gasarten als durchaus identisch ansieht, und da verschiedene Physiker diese nämliche Ansicht jetzt um so mehr zu hegen geneigt sind, als die bisher angenommene Permanenz der Elasticität bei den Gasarten nach Faraday's Versuchen unstatthaft ist, so mufs ich auch hier auf den schon im Artikel *Dampf* nachgewiesenen Unterschied aufmerksam machen, dafs nämlich die Elasticität der Gasarten dem äufseren Drucke bei unveränderter Temperatur proportional ist, bei den Dämpfen aber nicht, in welchem Gesetze allein schon ein genügender Grund ihres Unterschiedes liegt. Poisson's theoretische Betrachtungen passen daher directe und zunächst nur auf die Gasarten, wie die nachfolgende Untersuchung ergeben wird,

Producte der Wärmecapacitäten verschiedener Körper in ihre Atomengewichte eine constante Gröfse. Heifst also die Wärmecapacität $= w$, das Atomengewicht $= a$, so ist $a w = C$ und in sofern diese constante Gröfse als die nach irgend einer Thermometerscale gemessene Temperatur angesehen werden kann, so wäre $a w = T$ also $w = \frac{T}{a}$ oder die specifische Wärme ist den Atomengewichten umgekehrt proportional.

1 S. *Dampf*. Th. II. S. 292.

2 Ann. de Chem. et Ph. XXIII. 337. daraus in G. LXXVI. 269.

3 Ebend. S. 407.

welche die Gesetze ihres Verhaltens im Sinne der La Place'schen Theorie enthält.

Ist die Dichtigkeit einer Gasart $= \varrho$, ihre Temperatur nach C. $= \vartheta$, ihre Elasticität $= p$, so ist

$$p = a\varrho(1 + \alpha\vartheta) \quad \ldots . (1)$$

worin a für jede Gasart besonders bestimmt werden muſs, α aber nach Gay-Lussac für alle $= 0{,}00375$ für 1° C. ist. In einem gegebenen Gewichte einer Gasart läſst sich zwar nicht die absolute Menge der enthaltenen Wärme berechnen, wohl aber die Zunahme, welche dieselbe über die bei einem gegebenen Drucke und einer gleichfalls gegebenen Temperatur erhält, und muſs diese eine Function des Druckes und der Dichtigkeit seyn, also wenn die Zunahme durch q bezeichnet wird, so ist $q = f(p, \varrho)$. Wenn man ferner zuerst die Elasticität $= p$ constant setzt, also die Gasart mit Beibehaltung ihrer Elasticität sich ausdehnen läſst, dann aber ihre Dichtigkeit constant setzt, also ihre Elasticität durch Wärme vermehrt, so ist für diese beiden Fälle

$$\frac{d\varrho}{d\vartheta} = -\frac{\alpha\varrho}{1+\alpha\vartheta} \text{ und } \frac{dp}{d\vartheta} = \frac{\alpha p}{1+\alpha\vartheta}.$$

Es muſs aber, wie schon oben gezeigt ist, die specifische Wärme eine andere seyn, wenn bei vermehrter Temperatur ihre Elasticität dieselbe bleibt, mithin ihre Molecülen weiter von einander abstehen, als wenn bei vermehrter Temperatur dieser Abstand unverändert bleibt oder bei constantem Volumen. Heiſst nun jene c, diese c', so ist

$$c = -\frac{dq}{d\varrho} \cdot \frac{\alpha\varrho}{1+\alpha\vartheta} \text{ und } c' = \frac{dq}{dp} \cdot \frac{\alpha p}{1+\alpha\vartheta} \quad \ldots (2)$$

Setzt man beider Verhältniſs oder $\frac{c}{c'} = k$, so läſst sich annehmen, daſs

$$\varrho \frac{dq}{d\varrho} + k\, p \frac{dq}{dp} = 0 \quad \ldots . (3)$$

das heiſst: da die Dichtigkeit der Luft bei vermehrter Wärme und gleichbleibendem Drucke um so viel abnimmt, als ihre Elasticität bei gleichbleibendem Volumen wächst, letztere Gröſse mit dem Verhältnisse ihrer respectiven Wärmecapacitäten multiplicirt, so müssen beide Gröſsen einander aufheben. Offenbar muſs c gröſser seyn als c', also letztere $= 1$ gesetzt diese Gröſse übertreffen, weil mehr Wärme erfordert wird, um in der ausgedehnteren Gasart die Molecülen durch ihre Repulsion von einander

zu entfernen, als in dichterer, insofern der gröſsere Raum schon mehr Wärme faſst, gleiche Temperatur vorausgesetzt. Die Gröſse selbst aber kann nur durch die Erfahrung gegeben werden, und wird von La Place [1] in Gemäſsheit der durch Gay-Lüssac und Welter angestellten Versuche $=1{,}3750$ gesetzt. Poisson setzt dann voraus, daſs k von p und ϱ unabhängig sey, oder daſs eine gleichmäſsige Vermehrung der vorhandenen Wärmemenge, diese als Einheit angenommen, erfordert werde, um ein plötzlich zu einem gegebenen gröſseren Volumen ausgedehntes Maſs Luft bei gleicher Temperatur zu erhalten, von welcher ursprünglichen Elasticität man auch ausgehen mag. Diese Voraussetzung ist wohl ohne Zweifel richtig, weil der Raum, welchen die hinzukommende Wärme erfüllen muſs, allezeit als gleich groſs angenommen wird; ob aber diese Gröſse $k = 1{,}375$ sey, also jederzeit 0,375 der gegebenen Temperatur erfordert werde, dieses ist unter andern aus denjenigen Gründen noch zweifelhaft, welche ich oben bei der Untersuchung der Temperatur der Erdatmosphäre in ungleichen Höhen [2] beigebracht habe. Poisson findet indeſs unter dieser Voraussetzung durch Integration der letzten Formel

$$k = f\left(\frac{p^{\frac{1}{k}}}{\varrho}\right) \quad \ldots\ldots \quad (4)$$

worin f eine willkürliche Function bezeichnet. Dann ist ferner

$$p = \varrho^k \varphi q; \text{ und aus } (1);\ 1 + \alpha\vartheta = \frac{1}{a}\,\varrho^{k-1}\varphi q.$$

worin φ eine andere Function bezeichnet. Für andere Werthe p'; ϱ'; ϑ' ist dann

$$p' = \varrho'^k \varphi q \text{ und } 1 + \alpha\vartheta' = \frac{1}{a}\,\varrho'^{k-1}\varphi q.$$

Aus diesen vier letzten Gleichungen, je zwei zusammengenommen, und $\frac{1}{\alpha} = 266°{,}67$ gesetzt, erhält man

$$\left.\begin{aligned} p' &= p\left(\frac{\varrho'}{\varrho}\right)^k \\ \vartheta' &= (266°{,}67 + \vartheta)\left(\frac{\varrho'}{\varrho}\right)^{k-1} - 266°{,}67 \end{aligned}\right\} \quad (5)$$

1 Méc. Cél. V. Liv. XII. a. a. O.

2 S. Th. III. S. 1048. ff.

die erste dieser beiden Formeln eröffnet eine eigenthümlich verschiedene Ansicht des oben erläuterten Boyle'schen Gesetzes. Würde nämlich Luft von gegebener Dichtigkeit $= \varrho$ und der ihr zukommenden Elasticität $=$ p auf die doppelte Dichtigkeit $= \varrho'$ zusammengedrückt, so würde auch $p' = 2p$ werden, zugleich aber Wärme entweichen, und p′ könnte erst diesen angegebenen Werth erhalten, wenn die für die anfänglichen Gröſsen p und ϱ beobachtete Temperatur wieder hergestellt wäre. Gesetzt aber, die durch Verminderung des Volumens frei werdende Wärme könnte sich nicht zerstreuen, dann würde die Elasticität der auf die Hälfte des Volumens zusammengedrückten Luft nach der obenstehenden ersten Formel, wenn $\varrho' = 2\varrho$ und $k = 1{,}375$ gesetzt wird, $p' = 2{,}593$ werden. Die hiernach entstehende gröſsere Elasticität ist demnach als eine Wirkung erhöheter Temperatur oder des durch Verminderung des Volumens verdichteten Wärmestoffes anzusehen. Dürfte man nun annehmen, daſs diese höhere Elasticität durch vermehrte Wärme erzeugt wäre, und lieſse sich die zu dieser erhöheten Elasticität erforderliche Wärme aus der Formel $2 : 2{,}593 = 1 : +t\ 0{,}00375$ finden, so würde man 79° C. erhalten, und um so viel müſste also die Wärme durch die schnelle und ohne Wärmeverlust geschehene Compression bis zur doppelten Dichtigkeit vermehrt seyn. Diese hiernach also vorausgesetzte Erhöhung der Temperatur kann auf gleiche Weise auch nach der zweiten oben mitgetheilten Formel gefunden werden. Wird in dieser $\vartheta = 0$ und $\varrho' = 2\varrho$ gesetzt, so ist

$$\vartheta' = 266^\circ{,}67 \times 2^{0{,}375} - 366^\circ{,}67 = 79^\circ{,}16\,C.$$

wie oben. Würde die hiernach auf das Doppelte ihrer Dichtigkeit zusammengepreſste Luft eben so schnell wieder bis zur einfachen Dichtigkeit expandirt, so würden die 79° C. erforderlich seyn, um den vermehrten Raum zu erfüllen, und die Temperatur würde wieder auf das frühere 0° C. herabgehen. Eine solche schnell wechselnde Verdichtung und Verdünnung der Luft soll nach La Place bei der Fortpflanzung der Schallwellen durch dieselbe statt finden, und hieraus die Gröſse des in einer gegebenen Zeit durchlaufenen Raumes erklärbar seyn [1]. Poisson berechnet ferner, daſs bei einer Temperatur von 0°C. durch eine Compression der Luft auf das Fünffache ihrer Dichtigkeit 221° C. Wärme frei wer-

1 Vgl. *Schall, Fortpflanzung desselben.*

den müfsten, und hält dieses für hinreichend, um Schwamm zu entzünden, worauf die Wirkung des Tachopyrion gegründet ist [1]; allein eine fünffache Verdichtung wird zur Hervorbringung einer Entzündung des Schwammes schwerlich genügen, theils weil die hierdurch freiwerdende Wärme von 221° C. hierzu nicht ausreicht, theils weil ein Theil derselben von den Umgebungen absorbirt wird. Eine zehnfache Compression dagegen würde bei 0° C. eine Vermehrung der Wärme von 365°,7 C. geben, und kann mit vollem Rechte als genügend zur Schwammentzündung angesehen werden [2]. Dabei ist jedoch wohl zu berücksichtigen, dafs in den beiden angegebenen Beispielen Luft von 0° C. Temperatur angenommen, also $\vartheta = 0$ gesetzt wurde; man erhält aber andere Werthe nach der obigen zweiten Formel, wenn ϑ gleichfalls eine Gröfse hat, und zwar gröfsere, wenn es positiv und kleinere, wenn es negativ ist. So würde man in den beiden Beispielen für eine doppelte und eine zehnfache Verdichtung, wenn man von einer Temperatur = 15° C. ausginge, oder $\vartheta = 15°$ C. gesetzt, statt 79°,16 und 365°,7 vielmehr 98°,61 und 401°,28 erhalten. Soll daher der Werth von k durch Versuche genauer bestimmt werden, wozu das von Prechtl angewandte Verfahren [3] vorzugsweise geeignet scheint, so ist auch dieser Umstand sehr zu berücksichtigen. Endlich bleibt noch die Frage zu beantworten, ob der Werth von k für alle Gasarten der nämliche ist. Aus den oben erwähnten Versuchen von Haycraft scheint dieses allerdings zu folgen, jedoch kann eine völlig genügende Beantwortung nur durch wiederholte genaue Versuche erhalten werden.

Auch Ivory hat gezeigt, wie sich das Verhältnifs zwischen der Dichtigkeit, Elasticität und Wärme der Gasarten bestimmen lasse, wobei er ähnliche Resultate findet als Poisson, in der Art der Behandlung des Gegenstandes aber etwas abweicht [4]. Seine nicht schwierige Darstellung der Sache ist im Wesent-

1 Vgl. *Feuerzeug, pneumatisches.*

2 Nach den durch Frankenheim in Zeitschrift für Physik und Math. II. 313 mitgetheilten Formeln, welche im Art. *Wärme* näher berücksichtigt werden sollen, ist die entbundene Wärme ungleich geringer, und soll die Entzündung des Schwammes aus der Absorption eines Theiles Luft durch den Schwamm erklärlich seyn.

3 G. LXXVI. 249.

4 Philos. Mag. LXVI. 1. ff. Vgl. *Erde* Th. III. S. 1055.

lichen folgende. Wenn p und ϱ die Elasticität und Dichtigkeit der Luft, τ, ϑ, ι die ursprüngliche, eine hinzu- oder hinweggekommene und die durch Verdickung oder Verdünnung ausgeschiedene oder absorbirte Wärme bezeichnen (also $t=\tau \pm \vartheta \pm \iota$) so ist $\varrho = \varphi\left(\frac{1+\alpha\tau+\alpha\iota}{1+\alpha\tau}\right)$

$$p = \varphi\left(\frac{1+\alpha\tau+\alpha\iota}{1+\alpha\tau}\right) \times \frac{1+\alpha\tau+\alpha\iota+\alpha\vartheta}{1+\alpha\tau},$$

worin α den Coefficienten der Ausdehnung der Luft durch Wärme bezeichnet. Daſs diese beiden Functionen von einander abhängig sind, bemerkt Ivory zwar nicht, allein es ist auſserdem bekannt. Um diese Functionen zu bestimmen, benutzt Ivory die schon erwähnten Versuche von Gay-Lüssac und Welter nebst den früheren von Clément und Desormes, welche in einen Ballon mit Luft von geringerer Dichtigkeit andere von gröſserer Dichtigkeit strömen lieſsen, und dabei den Wechsel der Dichtigkeiten, Elasticitäten und Temperaturen verglichen. Die Aufgabe specieller betrachtet wurden 1. diese Gröſsen für den anfänglichen Zustand $= p$; ϱ; $\tau + \vartheta$ bemerkt, dann 2. eine Quantität Luft exantlirt, und hierfür $p - \delta p$; $\varrho - \delta\varrho$; $\tau + \iota + \vartheta$ gefunden, dann 3. eine Quantität Luft hineingelassen, bis die ursprüngliche Elasticität wieder hergestellt war, wonach also p; $\varrho - \delta\varrho + \delta'\varrho$; $\tau + \iota + \vartheta + \delta'\iota$ gefunden wurden, indem $\delta'\varrho$ und $\delta'\iota$ die Vermehrung der Dichtigkeit und die hierdurch frei gewordene Wärme bezeichnen. Als darauf $\delta'\iota$ sich zerstreuet hatte, erhielt man 4. die Werthe $p - \delta' p$; $\varrho - \delta\varrho + \delta'\varrho$; $\tau + \iota + \vartheta$. Für diese Zustände unter 1, 2 und 4 war demnach

$$\frac{\delta p}{p} = \frac{\delta\varrho}{\varrho}\;;\; \frac{\delta' p}{p} = \frac{\delta\varrho - \delta'\varrho}{\varrho}$$

also
$$\frac{\delta' p}{p} = \frac{\delta\varrho - \delta'\varrho}{\delta\varrho} = \frac{h - h''}{h - h'}$$

wenn h; h'; h'' die Barometerhöhen bezeichnen, welche zu p; $p - \delta p$; $p - \delta' p$ gehören. Wird dann $\frac{h-h''}{h-h'} = e$ gesetzt, so erhält man $\delta\varrho - \delta'\varrho = e.\delta\varrho$. Indem aber im ersten und dritten Versuche die Elasticitäten gleich waren, so kann man setzen

$$\frac{\delta\varrho - \delta'\varrho}{\varrho} = \frac{e.\delta'\varrho}{\varrho} = \frac{\alpha\delta'\iota}{\iota+\alpha\tau+\alpha\iota+\alpha\vartheta}$$

welches integrirt

$$\varrho^e = C(1+\alpha\tau+\alpha\iota+\alpha\vartheta)$$

wird. Indem aber für $\iota = 0$ auch $\varrho = 1$ wird, so ist

$$\varrho^e = \frac{1+\alpha\tau+\alpha\iota+\alpha\vartheta}{1+\alpha\tau+\alpha\vartheta}.$$

Clément und Desormes erhielten in einem Versuche $h - h'' = 0^m{,}00361$; $h - h' = 0^m{,}01021$ also $e = 0{,}3535$; Gay-Lüssac und Welter fanden $e = 0{,}37244$. Ob diese Resultate vollkommen genau sind, ist eine schon oben aufgeworfene Frage von großer Wichtigkeit für die Theorie der expansibelen Flüssigkeiten. So viel ist gewiſs, daſs die französischen Physiker ein Interesse daran haben, diesen Werth nicht zu klein zu finden, weil hierauf die Haltbarkeit von La Place's Theorie über die Fortpflanzung des Schalles durch die Luft beruhet, und Prechtl [1] findet ihn wirklich etwas kleiner, als er hier angegeben ist, wie dieses aus den erhaltenen Resultaten folgt [2]. Ivory meint, man würde sich von der Wahrheit nicht merklich entfernen, wenn man $e = \frac{1}{3}$ setzte, woraus dann

$$\varrho = \left(\frac{1+\alpha\tau+\alpha\iota}{1+\alpha\tau}\right)^3$$

$$p = \left(\frac{1+\alpha\tau+\alpha\iota}{1+\alpha\tau}\right)^3 \times \frac{1+\alpha\tau+\alpha\iota+\alpha\vartheta}{1+\alpha\tau},$$

und $\vartheta = 0$ gesetzt,

$$p = \left(\frac{1+\alpha\tau+\alpha\iota}{1+\alpha\tau}\right)^4 = \varrho^{\frac{4}{3}}$$

folgen würde, welchen letzteren Werth Poisson früher gleichfalls gefunden hat [3]. Heiſst dann V' das als Einheit angenommene ursprüngliche Volumen der Luft für eine Dichtigkeit $= 1$ und V das Volumen für eine Dichtigkeit $= \varrho$, so ist

$$\varrho = \frac{V'}{V}$$

und hierin substituirt

$$\frac{1+\alpha\tau+\alpha\iota}{1+\alpha\tau} = \left(\frac{V'}{V}\right)^{\frac{1}{3}}$$

$$\frac{1+\alpha\tau+\alpha\iota+\alpha\vartheta}{1+\alpha\tau} = \frac{V}{V'} \cdot p$$

1 a. a. O.

2 Vgl. Th. III. S. 1051.

3 Connoiss. de Tems. 1826.

Die erste Gleichung ist sehr wichtig, in so fern hiernach die gebundene oder freiwerdende Wärme bei schnell wechselndem Drucke dem einfachen Abstande der ponderabelen Gasmolecülen proportional ist, welches NEWTON's oben angegebene Erklärung bestätigen würde; die zweite Gleichung ergiebt, dafs bei gleichbleibendem Drucke das Volumen den Wärmeänderungen proportional ist, und giebt also eine Bestätigung des durch DALTON und GAY-LÜSSAC aufgefundenen Gesetzes [1].

Endlich lassen sich hier noch diejenigen Untersuchungen anknüpfen, welche HENRY MEIKLE über das Verhältnifs der Wärme, Dichtigkeit und Expansion der Gasarten angestellt hat, und worin die so eben mitgetheilten Arbeiten von LA PLACE, POISSON und IVORY berücksichtigt werden [2]. Als die wichtigste Folgerung, welche MEIKLE aus seinen Betrachtungen erhält, verdient es angesehen zu werden, dafs nach dem Verhältnisse der specifischen Wärme der Gasarten unter einem gleichen Volumen zu der unter gleichem Drucke, welches er $= 3 : 4$ annimmt, die Repulsion ihrer Atome dem Quadrate des Abstandes umgekehrt proportional seyn soll. NEWTON's angenommene Repulsion jener Elemente, welche dem einfachen Verhältnisse ihres Abstandes umgekehrt proportional seyn soll, findet er unstatthaft, dagegen die von ihm angenommene so wohl begründet, dafs er daraus einen Beweis für jenes von ihm gefundnne Verhältnifs der Wärme herleitet, welches übrigens dem nach GAY-LÜSSAC und WELTER angenommenen $= 1 : 1{,}375$ sehr nahe kommt [3].

Aus den sämmtlichen hier mitgetheilten Untersuchungen über das Wesen und die Eigenschaften der Gase ergiebt sich also, dafs LA PLACE's Theorie, welche zugleich den Aggregatzustand der festen, sowohl als auch der flüssigen Körper am genügendsten erklärt, vorzugsweise geeignet ist, das Gesammtverhalten der Gasarten unter allgemeine Gesetze zu bringen, und dem forschenden Verstande anschaulich darzustellen. Die meisten

1 Die Abhandlung IVORY's findet man auch mit einigen Verbesserungen von Druckfehlern in FÉRÜSSAC Büllet. des Sc. math. phys. et chim. 1826. Nr. 4. p. 238.

2 S. Edinb. New Phil. Journ. Nr. 2. p. 332. Nr. 4. p. 323.

3 S. Ebend. Nr. 4. p. 391.

Physiker sind auch derselben seitdem beigetreten [1], und sie verdient allerdings so lange beibehalten zu werden, bis sich Erscheinungen zeigen, welche derselben widersprechen, oder bis eine alle bekannte Thatsachen consequenter und genügender erklärende Hypothese aufgefunden wird. Indeſs ist dabei noch Folgendes zu berücksichtigen:

1. La Place legt den wägbaren Atomen der Gasarten anziehende und abstoſsende, in unmeſsbar geringe Fernen wirkende, also *Flächenkräfte* bei [2]. Anziehende Kräfte dieser Art müssen wohl angenommen werden, denn die Gasarten gehen in den Zustand der tropfbaren Flüssigkeit und der Festigkeit über, in welchen beiden Aggregatformen der Körper die Wirksamkeit einer anziehenden Kraft nicht zu verkennen ist, auch folgt mit einem hohen Grade der Nothwendigkeit aus bekannten Naturerscheinungen, daſs die Wirksamkeit dieser Kräfte in meſsbarer Entfernung verschwinden muſs. Ganz etwas anderes ist es aber mit den abstoſsenden Flächenkräften. Abgesehen davon, daſs keine Naturerscheinung dieselben nothwendig fordert, sobald man der Wärme eine eigenthümliche Repulsionskraft beilegt, würde es schwer seyn, ein solches gegenseitiges Verhältniſs beider widerstreitenden Kräfte aufzufinden, als zur Erklärung des bekannten Verhaltens der Körper nothwendig seyn würde. Wenn aber die Molecülen der Gasarten eine Repulsionskraft besitzen, so läſst sich fragen, warum sie diese nicht auch gegen die Wärme äuſsern? Dieses anzunehmen hat einige Schwierigkeit, in so fern bei einem Uebergewichte dieser abstoſsenden Kraft gegen die ihr entgegengesetzte anziehende alle Wärme den Erdball allmälig verlassen müſste. Es scheint mir daher ungleich einfacher, den Atomen der wägbaren Körper bloſs Anziehungsflächenkraft (neben der Newton'schen Massenanziehung) beizulegen, welche sie sowohl unter sich als auch gegen die Wärme äuſsern, und wobei dann aus der specifischen Intensität beider und der Spannung der Wärme, als Folge ihrer vorhandenen absoluten Menge, der verschiedene

1 Die Theorie, welche Herapath über Wärme und Gasarten in Ann. of Phil. New Ser. Nr. I., II., III. und IV. p. 197 aufgestellt hat, übergehe ich, weil sie zu sehr gekünstelt und zu wenig befriedigend ist.

2 Vgl. *Flächenkraft.*

Aggregatzustand der Körper erklärlich würde. Das gesammte Verhalten der Gasarten und der Dämpfe bis auf seine verschiedensten Modificationen herab, ist aus dieser Hypothese einer anziehenden Flächenkraft der Molecülen ihrer ponderabelen Grundlagen gegen einander und gegen die Wärme, und einer dieser entgegenwirkenden repulsiven Flächenkraft der letzteren unter sich so leicht und vollständig erklärbar, daſs man dieses mit Recht als eine bedeutende Stütze der ganzen Hypothese ansehen kann.

2. Soll übrigens die Hypothese vollkommen deutlich und verständlich seyn, so fordert sie zugleich eine nähere Entscheidung über das Wesen der Wärme, welche von LA PLACE keineswegs vollständig gegeben ist, ja es wird nicht einmal ausdrücklich bestimmt, ob die Wärme eine bloſse Kraft sey oder ihr eine materielle Basis zum Grunde liege, obgleich dieses Letztere aus der gesammten Darstellung mit ziemlicher Gewiſsheit gefolgert werden darf. Inzwischen kann man bei der Untersuchung der Gasarten und ihres Verhaltens nicht sowohl dieses aus den über das Wesen der Wärme aufgestellten Principien erklären, als vielmehr letzteres aus jenem zu ergründen oder näher zu bestimmen sich bestreben [1]. *M.*

II. Chemische Natur der Gase.

Daſs die Gase als Verbindungen der Wärme mit wägbaren Stoffen zu betrachten sind, ist bereits oben abgehandelt worden. Deshalb kann hier nur von den in den Gasarten vorkommenden wägbaren Stoffen die Rede seyn.

I. Die wägbaren Stoffe, welche sich als Gase darstellen, sind 24, nämlich: Sauerstoff, Wasserstoff, Stickstoff, Chlor, Kohlenoxyd, Kohlensäure, Kohlenwasserstoff im Minimum und im Maximum, Phosphorwasserstoff, schweflige Säure, Hydrothionsäure, Selenoxyd, Hydroselensäure, Hydriodsäure, Hydrobromsäure, Chloroxydul, Chloroxyd, Salzsäure, Fluorboron, Stick-

1 Da wir bei der Auffindung der Naturgesetze hauptsächlich auf Einfachheit bedacht seyn müssen, so habe ich versucht, auch die Wirkungen der Wärme auf bloſse Anziehung zurückzuführen, wonach also liquide und gasförmige Körper als in mehr oder weniger Wärme aufgelöset anzusehen wären, allein bis jetzt habe ich hierfür noch keine haltbare Hypothese auffinden können.

oxydul, Stickoxyd, Ammoniak, Cyan, Fluorsilicium, Arsenikwasserstoff.

Aus dieser Uebersicht ergiebt sich: 1. Mehrere unzerlegte Stoffe haben Gasgestalt. 2. Alle zusammengesetzte Stoffe, welche Gasgestalt haben, enthalten wenigstens einen von diesen gasförmigen unzerlegten Stoffen; es ist keine Verbindung von zwei nicht gasförmigen Stoffen bekannt, welche sich als Gas darstellt; wir müssen also den Sauerstoff, der sich im Kohlenoxyd, der Kohlensäure, u. s. w. vorfindet, den Wasserstoff der Hydrothionsäure, Hydriodsäure u. s w. als die Ursachen ansehen, dafs auch diese Verbindungen noch Gasgestalt besitzen. Obgleich daher das Fluor nicht für sich bekannt ist, so kann man doch aus dem Umstande, dafs das Fluorsilicium Gasgestalt besitzt, schliefsen, dafs das Fluor für sich ebenfalls dieselbe besitze. 3. Nach den Versuchen von Faraday sind Sauerstoffgas, Wasserstoffgas und Stickgas nicht durch verstärkten äufsern Druck und Kälte zu verdichten, dagegen viele ihrer Verbindungen, wie Kohlensäure, Hydrothionsäure, Cyan u. s. w. Die einfachen Stoffe haben also noch mehr Streben zur Gasform, als diejenigen ihrer Verbindungen, welche sich unter den gewöhnlichen Umständen ebenfalls gasförmig zeigen. 4. Es giebt keine Verbindung von mehr als zwei Stoffen welche ein Gas zu bilden im Stande, wäre. Selbst das Cyangas wird durch das Hinzutreten des so elastischen Wasserstoffs in eine Verbindung, die Blausäure, verwandelt, welche unter den gewöhnlichen Umständen eine tropfbare Flüssigkeit darstellt.

Aus allen diesen Betrachtungen ergiebt sich deutlich, dafs die obengenannten einfachen Stoffe, wie Sauerstoff, Wasserstoff u. s. w. am meisten Affinität gegen die Wärme, und also das gröfste Bestreben haben, damit ein Gas zu bilden, und dafs diese Affinität derselben gegen Wärme in dem Verhältnisse abnimmt, als diese gasförmigen einfachen Stoffe sich entweder unter einander oder mit andern Stoffen verbinden, und damit andere Affinitäten befriedigt werden.

II. Je nach der Beschaffenheit des in den verschiedenen Gasen enthaltenen wägbaren Stoffes zeigen dieselben verschiedene chemische Verhältnisse, nach welchen sie auf verschiedene Weise eingetheilt werden können.

1. Je nachdem die Gase in Hinsicht des Verbrennungsactes ein verschiedenes Verhalten zeigen, kann man sie eintheilen

a. in *Zündende*, wie Sauerstoffgas und Chlorgas; b. in *Verbrennliche*, wie Wasserstoffgas, Kohlenoxydgas, Kohlenwasserstoffgas, Phosphorwasserstoffgas, hydrothionsaures Gas, hydroselensaures Gas, Ammoniakgas, Arsenikwasserstoffgas; und c. in solche, welche auf keine von beiden Weisen zur Verbrennung beitragen können, wohin die übrigen gehören, die sich dann noch in saure und nicht saure eintheilen lassen.

2. Auch nach der Athembarkeit sind die Gase in verschiedene Classen getheilt worden. Streng genommen ist die atmospärische Luft das einzige athembare Gas, d. h. ein solches, welches auch bei anhaltendem Gebrauche dem Körper nicht nachtheilig wird. Jedoch auch das reine Sauerstoffgas, welches bei längerem Gebrauche eine zu rasche Oxydation des Blutes bewirken möchte, aber bei kürzerem sehr gut ertragen wird, pflegt man zu den athembaren Gasen zu rechnen.

Alle übrige Gase sind irrespirabel oder mephitisch, d. h. sie wirken bei fortgesetzten Einathmen schädlich. Diese schädliche Wirkung ist entweder blofs eine *negative*, oder zugleich eine *positive*. Da zum Bestehen des Lebens nöthig ist, dafs fast ununterbrochen ein solches Gasgemenge in die Lunge gelangt, welches Sauerstoffgas enthält, sofern blofs dieses Gas die Umwandlung des venösen Bluts in arterielles zu bewirken vermag, so mufs das Einathmen eines jeden fremden Gases negativ schädlich wirken, weil, so lange dieses eingeathmet wird, kein Sauerstoffgas in die Lunge gelangt. Als Gase, welche blofs in dieser Besiehung schädlich wirken und erst bei wiederholtem Einathmen dieselben Beschwerden veranlassen, wie wenn das Athmen während dieser Zeit völlig unterbrochen gewesen wäre, sind das Stickgas und das reine Wasserstoffgas zu betrachten; Beimengung von Sauerstoffgas hebt ihre negativ schädliche Wirkung auf. Die meisten übrigen Gase zeigen jedoch neben dieser negativ schädlichen Wirkung zugleich eine positiv schädliche. Letztere ist von doppelter Art. Die in die Lunge gelangenden Gase werden nämlich theils vom Blute absorbirt, und bringen in diesem solche chemische Veränderungen hervor, dafs dasselbe noch weniger geschickt ist, die Lebensverrichtungen zu unterhalten als das reine venöse Blut, und dafs dasselbe dann die Lebensverrichtungen stört, wie z. B. die Hydrothionsäure, das Nervensystem narkotisch afficirt. Gewisse Gase, nämlich das Chlorgas und die sauren Gase bewirken aufserdem durch ihren

heftigen Reiz beim Einathmen einen gewaltsamen krampfhaften Zustand in den Luftzellen der Lungen und in dem ganzen Athmungsapparate, wodurch nicht blofs das Athmen unterbrochen, sondern auch der Blutlauf durch die Lungen unterdrückt, und ein asphyktischer Zustand augenblicklich hervorgerufen wird. Diese Gase werden bisweilen als irrespirabele im engern Sinne unterschieden, weil der durch sie hervorgebrachte Krampf ihr Einathmen wirklich hindert.

III. Nach der atomistischen Ansicht sind in den Gasen die einzelnen Atome der wägbaren Stoffe mit einer Wärmesphäre umgeben [1]. Nimmt man an, dafs diese Wärmesphären bei den verschiedenen Gasen gleich grofs seyen, so würde hieraus folgen, dafs ein Mafs des einen Gases gerade so viel Wärmesphären und also auch Atome enthalten müsse, wie ein gleiches Mafs irgend eines andern, und also, dafs sich das specifische Gewicht der Gase gerade so verhalte, wie das Gewicht der darin enthaltenen Atome. Allein dafs diese Annahme nicht allgemein gültig sey, ergiebt sich aus folgender Betrachtung: Aus 1 Mafs Chlorgas und 1 Mafs Wasserstoffgas entspringen 2 Mafs salzsaures Gas. Nehmen wir nach Obigem an, das 1 Mafs Chlorgas habe x Atome Chlor enthalten und das 1 Mafs Wasserstoffgas x Atome Wasserstoff, so mufsten aus deren Vereinigung x Atome Salzsäure entstehen, und diese hätten als Gas nicht mehr Raum einnehmen dürfen, als x Atome Chlor oder Wasserstoff, kurz nach obiger Annahme hätte nur 1 Mafs salzsaures Gas entstehen müssen. Wiewohl demnach diese Annahme in Bezug auf diejenigen Gase widerlegt ist, deren wägbare Basis zusammengesetzt ist, so wird sie doch von vielen ausgezeichneten Chemikern noch in Bezug auf die einfachen Gasarten festgehalten, und es wird hiernach angenommen, dafs in 1 Mafs Sauerstoffgas eine genau eben so grofse Anzahl Atome enthalten sey, wie in 1 Mafs Wasserstoffgas, Stickgas oder Chlorgas, und dafs das specifische Gewicht des Sauerstoffgases sich zu dem des Wasserstoffgases verhalte wie das Gewicht eines Atoms Sauerstoff zum Gewichte eines Atoms Wasserstoff u. s. w. Andere Chemiker nehmen an, dafs auch bei den Gasarten, deren wägbare Basis unzerlegt ist, eine Verschiedenheit in der Gröfse der Wärmesphäre vorkommt; dafs na-

1 Vergl. oben: Wesen der Gasform u. a. a. O.

mentlich die des Sauerstoffgases noch einmal so klein sind, als die des Wasserstoff-, Stick- und Chlorgases, daſs also ersteres Gas bei gleichem Volumen noch einmal so viel Atome enthält, als die letzteren 3 Gase. Keine von diesen Ansichten läſst sich bis jetzt mit Bestimmtheit erweisen. Wenn auf der einen Seite für die letztere Ansicht mehrere Umstände sprechen, besonders daſs hiernach die Zahlen, nach welchen man anzunehmen hat, daſs sich die Atome der verschiedenen Stoffe vereinigen, einfacher ausfallen, so spricht für die erstere Ansicht der Umstand, daſs nach allen bisherigen Versuchen Sauerstoffgas und Wasserstoffgas bei gleichem Umfange eine gleiche Wärmecapacität haben; da sich nun zugleich zu ergeben scheint, daſs die specifische Wärme der einfachen Stoffe in einem umgekehrten Verhältnisse zu ihrem Atomgewicht steht, also in einem geraden zu der Zahl der Atome, welche bei gleichem Gewichte der Stoffe gegeben ist, so wäre hieraus zu folgern, daſs ein Maſs Sauerstoffgas gerade dieselbe Zahl von Atomen enthalten müsse, wie ein gleiches Maſs Wasserstoffgas. Das Weitere hierüber siehe bei *Verwandtschaft*. G.

Gasbeleuchtung.

Dieser Gegenstand, welcher in seinem ganzen Umfange der Technologie angehört, kann hier nur in seinen wesentlichsten Elementen erörtert werden. Wer eine völlig erschöpfende Kenntniſs der Sache verlangt, der muſs die zahlreichen darüber erschienenen gröſseren und kleineren Werke zu Rathe ziehen [1].

1 Ueber diesen Gegenstand sind so auſserordentlich viele Abhandlungen erschienen, daſs es nicht bloſs nutzlos, sondern selbst ermüdend seyn würde, sie vollständig mitzutheilen. Die Ursache hiervon liegt darin, daſs bei einer technisch so sehr im Groſsen betriebenen Sache eine Menge Menschen sich bestreben, über irgend eine wirkliche oder vermeintliche Verbesserung ein Patent zu erhalten. Ich begnüge mich daher, nur die Hauptwerke und einige vorzügliche einzelne Abhandlungen namhaft zu machen. Dahin gehört eine Abhandlung von Henry in Phil. Trans. 1808. I. Nr. 10. Accum praktische Abhandlung über das Gaslicht. Uebers. von Lampadius. Weimar 1816. 8. Andere Uebers. Berlin 1816. 8. Prechtl Anleitung zur zweckmäſsigen Einrichtung der Apparate zur Beleuchtung mit Steinkohlengas. Wien 1817. 8. T. S. Peckston the Theorie and Practice of Gas-Lighting etc. With 14 appropriate Plates. London 1819.

Schon Becher[1] unterwarf vor 1682 in Holland den Torf und in England die Steinkohlen einer trocknen Destillation, und erhielt daraus Theer nebst viele Hitze gebenden und zugleich gut brennenden Kohlen. Die Versuche mit Steinkohlen stellte er zum Theil in England in Gegenwart des bekannten Robert Boyle an, und er erwähnt bei der Erzählung, daſs ein Schuh Kohlen eine 10 F. lange Flamme gegeben habe, woraus wahrscheinlich wird, daſs er das zugleich gebildete Gas entzündet haben muſs. Ohngefähr 30 Jahre später unterwarf Hales die Steinkohlen gleichfalls einer trocknen Destillation, Clayton aber machte 1739 der Kön. Societät bekannt, daſs er durch ein solches Verfahren eine wässerige Flüssigkeit, ein schwarzes Oel und ein Gas erhalten habe, welches er in Blasen auffing und zum Vergnügen entzündete. Eben diese Producte erhielt der Bischof von Llandlaff 1767, und fand noch auſserdem, daſs man daſs Gaſs durch Wasser steigen lassen, und beim Austritt aus den Mündungen langer Röhren entzünden könne. Bei den späteren Fortschritten der Chemie untersuchte man die durch diesen Proceſs der trockenen Destillation der Combustibilien erhaltene Producte genauer, eine technische Benutzung des gewonnenen Gases geschah aber zuerst durch Murdoch im Jahre 1792, indem er die Helligkeit der Flamme beachtete, womit das aus

Clément in J. de Ph. XC. 150. Bulletin de la Soc d'Encouragement. 1821. Juli über Taylor's Oelgasapparat. Diese sämmtlichen und noch andere Quellen sind benutzt in dem umfassendsten Werke von allen, nämlich: Vollständiges Handbuch der Gasbeleuchtungskunst. Nach den neuesten Erfahrungen und Erfindungen bearbeitet von C. W. Tabor. 2. Bde. mit 18 Steindrucktafeln. Frankf. a. M. 1822. 8. Diesem gehaltreichen Werke bin ich vorzüglich gefolgt. Eine hauptsächliche Quelle ist noch W. Congreve Reports on Gas-Light-Establishments. Ordered to be printed by the House of Commons. Lond. 1823. Beiträge zur Gewerbe- und Handelskunde. Von H. Weber. Th. I. S. 514. Berlin 1825. Th. II. S. 425. Ebend. 1826. Th. III. S. Ebend. 1827. Sonstige Abhandlungen sind besonders angegeben. Es ist mir indeſs das Glück zu Theil geworden, durch besondere Begünstigung die groſse Anlage in Berlin genau in Augenschein zu nehmen, wobei ich mich überzeugt habe, daſs die dortigen Sachverständigen auf die meisten zahlreichen späteren Angaben von Verbesserungen gar keine Rücksicht nehmen, weil sie das Versprochene nicht leisten.

1 J. J. Becher's närrische Weisheit und weise Narrheit. Frankfurt 682. 12.

Steinkohlen, zugleich aber auch aus Torf, Holz, und anderen vegebilischen Substanzen durch trockne Destillation erhaltene Gas verbrannte, und vorschlug, dasselbe in Röhren fortzuleiten, und zum Erleuchten zu verwenden. Es wurde dieses nicht bloſs mit 70 F. langen Röhren, welche in verschiedene Mündungen endigten, ausgeführt, sondern man machte auch sogleich tragbare Lampen mit Schläuchen von verschiedenen Stoffen. Nach einiger Unterbrechung zeigte Murdoch 1797 diese Beleuchtungsart in gröſserer Ausdehnung einer groſsen Menge von Zuschauern; fing im folgenden Jahre an, die groſse Watt- und Boulton'sche Fabrik in Birmingham auf diese Weise zu erleuchten, welches er auch nach mehreren Abänderungen des Waschens und Reinigens der erhaltenen Gasart vollkommen zu Stande brachte [1]. Die Nachricht hiervon bewog Lampadius in Freiberg die Versuche zu wiederholen, indem er nicht bloſs das aus Steinkohlen erhaltene Gas zum Erleuchten, sondern auch das aus Holz dargestellte zum Rösten der Erze zu benutzen vorschlug, und zugleich die hierbei gewonnene Holzsäure und das Theer als Nebenproducte zweckmäſsig zu verwenden suchte.

Vorzüglich wurde die Aufmerksamkeit des Publicums erregt, als der Bürger Lebon 1799 das aus Holz gewonnene Gas zur Beleuchtung seines Hauses und Gartens benutzte, womit er 1801 zu Stande kam, diese Spielerei für Geld sehen lieſs, und weil er den Apparat zugleich zur Heizung und zur Erleuchtung anwenden wollte, so nannte er ihn *Thermolampe* [2]. Von die-

1 Phil. Trans. 1808. I. Bibl. Brit. XLI. 68. G. XLII. 359. Vergl. XXII. 54.

2 Voigt Mag. III. 841. Franz. Ann. von Pfaff und Friedländer 1802. I. 47. Vergl. eine ähnliche Vorrichtung von Warner in Repert. of Arts and Manufact. Nro. 49. Bibl. Brit. XXXVI. 70. Von Lebon's Thermolampe, einer bloſsen physikalischen Belustigung, worüber er sich ein brevet d'invention geben lieſs findet man ausführliche Nachricht in einer Anmerkung von Gilbert in dessen Ann. X. 491. Verbessert ist dieselbe durch Dr. Kretschmar, s. ebend. XIII. 491. Sie kam indeſs nicht in ökonomischen Gebrauch, so viel man sich auch in Deutschland bemühete, die vermeintliche neue Erfindung zweckmäſsig hierfür einzurichten, und so vielfach sie auch angepriesen wurde, z. B durch J. B. Wenzler in seiner kleinen Schrift: Beschreibung einer Thermolampe oder eines Leucht- und Sparofens, welcher alle Zimmer im ganzen Hause heizen und beleuchten kann. Passau 1802. 8. Die Ursachen hat gleichfalls Gilbert angegeben. S. Ann. XXII. 51. In der Hauptsache erfordert nämlich die Verschlieſsung

ser Zeit an wurde das Bestreben sehr allgemein, durch das Verkohlen des Holzes nicht sowohl Leuchtgas, als vielmehr die zugleich erzeugte Holzsäure zu gewinnen, welche im Wesentlichen aus concentrirter Essigsäure mit empyrheumatischem Oele verunreinigt besteht, und durch diesen Procefs in grofser Menge erhalten wird. Die ganze Sache zerfiel also in zwei verschiedene Zweige. Von der einen Seite war man bemüht durch Verkohlung des Holzes in verschlossenen Behältern die Essigsäure zu gewinnen, welche entweder von ihrem höchst widerlich bitteren Geschmacke (zuerst durch Mollerat [1]) gereinigt und concentrirt oder mit Wasser verdünnt zum pharmaceutischen oder ökonomischen Gebrauche dient, oder zur Bildung von Salzen (Bleizucker, Grünspan, essigs. Thonerde u. s. w.) benutzt technisch verwandt wird [2], von der andern vervollkommte man die Gewinnung des Leuchtgases aus Steinkohlen und Oelen, um dieses zur Erleuchtung zu benutzen. Ersteres geschah an sehr vielen Orten sowohl auf dem Continente als auch in England, kann aber als aufser dem Kreise der vorliegenden Untersuchung befindlich hier nicht weiter berücksichtigt werden, in Letzterem aber sind die Engländer aus leicht begreiflichen Ursachen allen andern Nationen weit vorausgeeilt, und indem namentlich in in Deutschland diese Methode der Beleuchtung nur im Kleinen wenigen Städten, Fabrik und öffentlichen Häusern angewandt wurde, sind sie es, welche gegenwärdig Anlagen dieser Art in einigen Hauptstädten zur Ausführung bringen. In England bildeten sich nämlich hauptsächlich wegen der Menge und Güte der vorhandenen Steinkohlen verschiedene gröfsere und kleinere Gesellschaften zur Uebernahme der Strafsenbeleuchtung, welche in allen gröfseren Städten dieses Landes gegenwärtig durch Gaslicht geschieht. Wiederholte Versuche dieser Gesellschaften, unter

der Retorten oder Verkohlungsbehälter im Kleinen zu grofse Sorgfalt und Mühe, ohne diese aber ist der Geruch der entweichenden Gasart ganz unerträglich. Aufserdem ist die Destillation der Steinkohlen in kleinen Räumen schwierig, wie sich aus dem Folgenden ergeben wird; wenn man aber Holz anwendet, so giebt die Flamme kein hinlängliches Licht, so dafs ich nicht begreife, wie Lebon bei seinen weit und breit gezeigten Versuchen so viel Helligkeit durch sein Holzgas hervorbringen konnte.

1 S. Journ. de Phys. LXVII. 309.

2 Vergl. G. XXII. 82. XXX. 393.

denen die in London bestehende Westminstersocietät die gröſste ist, haben die Sache auf einen solchen Grad der Vollkommenheit gebracht, daſs 1819 in jener Stadt allein alle Abende über 51000 Gasflammen brannten. Im März 1823 aber, als Congreve seine Berichte hierüber bekannt machte, bestanden bloſs in London, auſser einigen nicht unter öffentlicher Controle stehenden Privatgesellschaften, vier öffentliche. Diese unterhielten 47 Gasometer, welche mit 917940 Cub. F. Gas aus 1315 Retorten gefüllt wurden, jährlich 33000 Chaldrons Kohlen verbrauchten, und hieraus 41000 Chaldrons Coaks und 397 Millionen Cub. F. Gas lieferten, wovon 61203 Privatlichter und 7268 Straſsenlampen genährt wurden [1]. Nur ein Fünftheil der erzeugten Coaks wird wieder zur Erhaltung des Gases verbraucht. Die Bereitung des *Oelgases* war damals weit weniger in London als in den Provinzialstädten eingeführt, denn in ersterer Stadt wurden täglich nur 6000 Cub. F. bereitet [2]. Die durch Taylor und Martineau angelegte Oelgasfabrication ist gegenwärtig in London die vorzüglichste.

Das durch trockne Destillation der Combustibilien erhaltene Gas ist ein verschiedenartiges Gemenge von Kohlenoxyd -, ölerzeugendem -, Kohlenwasserstoff -, Schwefelwasserstoff -, (von schwefelhaltigen Steinkohlen) Wasserstoff - Gas und Kohlensäure [3], bei welchem die Weiſse und Leuchtkraft der Flamme mit dem Antheil an ölerzeugendem Gase wächst. Gewöhnliches Holz für sich und nebst dem durch die Destillation desselben gebildeten Theer zersetzt, giebt nur eine bläuliche, wenig leuchtende Flamme, heller und weiſser wird letztere aus harzigem Holze erhalten, so wie aus schwarzem Torf und Braunkohlen, ungleich besser aus Steinkohlen, insbesondere der Pechkohle welche vor dem Löthrohre mit einer hellen Flamme brennt; am schönsten und das schon mit einer schönen, weiſsen und ange-

1 Ann. of Phil. V. 412. Nach Journ. de la Lit. étrang. Aout 1823. S. 253. betrug die Länge der damals in London erleuchteten Straſsen 215000 F. und die Zahl der öffentlichen Lampen 39504. Vergl. Weber's Gewerbe- und Handelskunde I. 514.

2 Congreve ebend. V. 424. Ueber die Geschichte und Verbesserungen der Gasbeleuchtung. S. Atkins in Repert. of Patent Inventions 1826. Sept.

3 L. Gmelin Handb. d. theor. Chemie. 1827. I. 258. Vergl. Henry bei G. XXII. 58.

nehm auf das Auge wirkenden Flamme brennende Steinkohlengas weit übertreffend ist das sogenannte Oelgas, welches aus thierischen und vegetabilischen Fetten, in England namentlich aus den schlechteren Sorten Thran, gewonnen wird. Zur leichteren Uebersicht werde ich zuerst die Bereitungs- und Reinigungsmethoden dieser Gasarten angeben, dann die Aufbewahrung, Fortleitung und Verbrennung derselben beschreiben, und zuletzt etwas über die Leuchtkraft beider verglichen mit gewöhnlichem Kerzenlichte beifügen.

I. Gasbereitung und Reinigung.

Die Steinkohlen, woraus das Gas bereitet werden soll, werden zuvor in Stücke von etwa 0,25 Cub. Z. verkleinert, stark getrocknet, und dann in Lagen von 3 bis 4 Z. hoch in die schon erhitzte oder noch heiſse Retorte gebracht, worin sie während 4 bis 6 Stunden durch Rothglühhitze die erforderliche Zersetzung erleiden. Bei weitem in den meisten Fällen sind die *Retorten* guſseiserne Cylinder, 6 F. lang bei 10 Z. Durchmesser, jedoch verfertigt man sie auch, um die Kohlenschicht in der Mitte weniger hoch zu erhalten, von elliptischem Querschnitte, so daſs die beiden Durchmesser 10 und 20 Z. betragen, oder unten flach mit einem gebogenen Deckel. Es ist dann a ein Zapfen, worauf die Retorte ruhet, auſser welchem man die Retorte zuweilen durch einen Fuſs von gebrannten Steinen zu unterstützen oder in einem eisernen Bande aufzuhängen pflegt, um das Biegen derselben zu verhüten; cc ist ein nach Auſsen gebogener Deckel, welcher an einem hervorstehenden Knopfe vermittelst eines eisernen Hakens gehandhabt, nach aufgetragenem Lutum (etwa aus gesiebtem Lehm, gepülvertem Hammerschlag oder Ziegelmehl und etwas Rindsblut) gegen die Oeffnung gelegt, durch eine viermal gebogene, hinter den Rand der Retorte gelegte Klammer $\gamma\gamma$ festgehalten, und durch die Preſsschraube b angedrückt wird. Die Verschlieſsung der Retorte ist aus leicht begreiflichen Gründen willkürlich, auf allen Fall aber muſs sie durch ein geeignetes Lutum für den erforderlichen Luftdruck gasdicht werden. An einem der beiden Enden der Retorte befindet sich das Gasrohr, auf dessen oberem Ende eine Platte d angebracht ist, um auf dasselbe vermittelst einer ähnlichen Platte ein anderes Rohr, nach gleichfalls zwischengelegtem Lutum, festzuschrauben.

Fig. 156.

Die eben beschriebenen cylindrischen Retorten werden im Allgemeinen noch am meisten gebraucht, wenn gleich späterhin die von King angegebenen, groſsen, unten flachen und mit einem gewölbten Deckel versehenen, aus gewalztem Eisenbleche verfertigten, gleichfalls angewandt wurden [1]. Auſserdem
Fig. 157. hat man bei den ausgedehnten Gasapparaten in London groſse
Fig. 158. muschelförmige Retorten aus Guſseisen oder Schmiedeeisen zusammengesetzt, worin sich ein drehbares Rad befindet, 12 F. im Durchmesser haltend, dessen Sectoren die Pfannen von Eisenblech mit den zu destillirenden Steinkohlen aufnehmen, und deren Construction aus der bloſsen Zeichnung deutlich wird. Ferner wendet man auch groſse rechtwinkliche Pfannen an, auf denen eigene Bleche mit Kohlen entweder auf Rollen hingerollt oder auf Unterlagen hingeschoben werden. Diese und ähnliche künstlichere Vorrichtungen haben indeſs manche Unbequemlichkeiten, und werden daher im Ganzen nur wenig angewandt.

Ein groſses Hinderniſs ist das Verbrennen und dadurch bewirkte frühzeitige Abnutzen der Retorten, welche auch bei 3 Z. Metallstärke selten länger als 6 Monate aushalten sollen. Man hat hiergegen allerlei Mittel vorgeschlagen, vorzüglich Ueberzüge von feuerfestem Thon oder eine Glasur aus 2 Th. Lehm, 1 Th. Eisenfeilicht und 1 Th. Borax nach Lampadius; allein wegen ungleicher Ausdehnung durch die Wärme bekommen solche Ueberzüge leicht Risse und fallen ab. Weil aber das Verbrennen am leichtesten durch den freien Zutritt der atmosphärischen Luft, zu der glühenden Oberfläche erfolgt, so sucht man diesen möglichst abzuhalten. Es werden daher die Thüren der Schürlöcher genau schlieſsend und fest gemacht, und die mittelbare Einwirkung des Feuers auf die Retorte wird vermieden,
Fig. 159. beides durch eine zweckmäſsige Finrichtung der Oefen, wovon Folgendes eine Uebersicht giebt. A ist der Aschenheerd mit dem Zugloche zur Unterhaltung des Feuers, C der Rost mit dem Brennmaterial, wovon die Flamme um die Retorte spielt, und durch d d d d zieht der Rauch ab. Durch das Schürloch B wird das Brennmaterial erst auf der eisernen Platte a a erwärmt, und dann auf den Rost geschoben, wobei indeſs die freie Luft durch den Zug der erhitzten, welche in dem Canale d d d d entweicht, nicht eindringen kann, während der Zug durch den Aschenheerd

1 Ann. of Phil. VI. 405.

und den Rost das Feuer unterhält. Um die Retorten inwendig weniger abzunutzen und beim frischen Füllen nicht zu sehr erkalten zu lassen (einige Abkühlung bis zum Dunkelrothglühen ist für den Procefs der Destillation vortheilhaft) werden zuweilen die Kohlen in Kasten liegend hineingeschoben. Die neuesten vorgeschlagenen Retorten, *Graftonian retorts* von ihrem Erfinder genannt, sind von gebrannter Erde (*fire brick*), sollen länger halten als eiserne und auch eine stärkere Hitze aushalten können, wodurch dann die Destillation vollständiger wird [1].

Die Retorten werden in einen hinlänglich ziehenden, mit Rost und Aschenheerd versehenen Windofen so gelegt, dafs sie mit einem pafslichen Gewölbe aus vollkommen feuerfesten, hierzu eigends verfertigten gebrannten Steinen umgeben sind, damit das Feuer sie überall treffen und im Zustande des Hellrothglühens erhalten kann. Hierin ist ihre Lage so, dafs die mit dem Deckel versehene Mündung nach vorn heraussteht, damit man frei hinzukommen, und die alten Kohlen herausnehmen, neue dagegen hineinbringen kann. Je nach der Localität befindet sich dann das Schürloch entweder an der nämlichen Seite, oder besser an der entgegengesetzten, wie eben gezeigt ist. In einen Heizofen kommen der cylindrischen oder ähnlichen Retorten eine oder zwei neben einander oder meistens noch eine Dritte freischwebend in der Mitte über den beiden unteren, oder endlich man legt bei grofsen Anstalten drei in eine untere Reihe und zwei in den Zwischenräumen über denselben; in jedem Falle ist die Einrichtung aber so, dafs die von dem gewölbten oberen Theile des Ofens zurückstrahlende Hitze die von dem unter ihnen brennenden Feuer umspielten Retorten trifft. Die Hitze des Ofens noch zu andern Zwecken zu benutzen hat man nicht vortheilhaft gefunden, weil zur schnellen Gasentwickelung stets eine starke Hitze auf die Retorten wirken mufs, um sie im Zustande des Glühens zu erhalten, jedoch pflegt man einen kleinen Dampfheizungsapparat mit dem Ofen in Verbindung zu bringen, um im Winter die Cisternen mit den Gasometern gegen das Einfrieren zu sichern. Aufserdem will Ibbetson es für die schnelle und reichliche Gasbereitung vortheilhaft gefunden haben, wenn man Wasserdämpfe zu den Kohlen treten läfst [2].

1 Congreve in Ann. of Phil. V. 415.

2 S. London Journ. of arts 1825. I. p. 69. Dingler polyt. Journ. XVII. 91.

Wird das Gas aus Oel oder Thran u. s. w. bereitet, so sind die Vorrichtungen übrigens gleich, außer daß die Füllung der Retorten auf eine andere Weise geschieht, und zugleich müssen diese Fettigkeiten vorher erhitzt seyn, um den überflüssigen Wassergehalt aus ihnen zu entfernen. Auf welche Weise beides bewerkstelligt wird, ergiebt sich aus der Zeichnung. A ist
Fig. 160. die Retorte, B das Gefäß zum Erhitzen des Oeles, ccc der Canal, worin Rauch und erhitzte Luft zu diesem Behuf aufsteigt, e ein oben trichterförmiges und nach Art einer Welter'schen Röhre gekrümmtes Eingußrohr. Indeß werden diese Fettigkeiten, wenn sie in zu großer Menge auf einmal in die Retorte kommen, nicht zersetzt, sondern mindestens zum größten Theile destillirt, und sammeln sich dann im Flüssigkeitszustande in der Vorlage. Sollen sie ohne unnöthig großen Aufwand von Brennmaterial vollständig zersetzt werden, so müssen sie in kleinen Quantitäten mit der glühenden Oberfläche der Retorten in Berührung kommen und auf derselben herabfließen, weil sich sonst an der Stelle, wohin die Tropfen fallen, bald eine schwammige Kohle bildet, welche zur weiteren Zersetzung keine genügende Hitze mehr hergiebt. Dieses zu vermeiden, läßt man die Fettigkeiten aus der Einflußröhre auf ein Blech laufen, welches gegen den Horizont geneigt ist, und von diesem wieder auf ein anderes geneigtes, beide mit feinen Löchern versehen, durch welche das Fett in kleinen Tröpfchen herabträufelt. Außerdem wird das bereitete Gas noch durch ein glühendes Rohr geleitet, um die beigemischten Oeldämpfe vollends zu zersetzen, auch füllt man bei der Anwendung des Thrans den Boden der Entbindungsretorte täglich einmal mit Coaks oder gemeinen Holzkohlen an, weil sonst die kirschrothe Glühhitze nicht hinreicht, die am Boden gebildete schwammige Masse zu zersetzen. Dieser Zusatz wird ohne Verlust aus den Retorten genommen und sogleich ausgelöscht, auch soll das Gas der Erfahrung nach hierdurch verbessert werden. Das Oelgas bedarf übrigens keiner Reinigung, sondern geht bloß zur Absetzung des unzersetzten Antheils an Oel durch eine Oelcisterne. Die verschiedenen Reinigungsapparate fallen also hierbei weg [1], ausgenommen, wenn man es eines geringen Antheils an Kohlensäure wegen, durch Wasser oder durch etwas Kalkmilch streichen läßt.

1 S. Ricardo in Ann. of Phil. I. 209.

Bei der Bereitung des Leuchtgases aus Steinkohlen wird zugleich eine beträchtliche Menge Theer abgesetzt, welches zwar für sich benutzt, vortheilhafter, aber gleichfalls in Gas verwandelt werden kann. Man macht daher das erste Ableitungsrohr beträchtlich hoch, und nach der Gasmenge, welche in demselben abfliefsen soll, verhältnifsmäfsig sehr weit, damit das durch baldige Abkühlung in demselben niedergeschlagene Theer wieder in die Retorte zurücklaufe. Aus diesem Rohre geht dann ein anderes in das erste Gefäfs, worin gleichfalls Theer und ammoniakalisches Wasser abgesetzt wird; und da die Compression des Gases stets nur auf höchstens einige Zolle Wasserhöhe gebracht werden darf, so ist es leicht, verschiedene Vorrichtungen durch heberförmige Röhren, Hähne und Schwimmer anzubringen, um die Flüssigkeit in diesen Gefäfsen auf der erforderlichen Höhe zu erhalten, und die gehörige Menge Theer und ammoniakalische Wasser zu rechter Zeit abzuzapfen, oder auch frisches Wasser zuzugiefsen. Am zweckmäfsigsten unter den vielen vorgeschlagenen, durch die Gröfse der Anstalt und selbst die Localität bedingten Einrichtungen möchten wohl diejenigen seyn, nach denen entweder das ganze Gefäfs dicht verschlossen, oder nur ein kleineres luftdichtes in einem gröfseren umgestürzt befindlich ist, das gröfsere aber, blofs mit einem Deckel bedeckte, um das Verdunsten der ammoniakalischen Flüssigkeit zu hindern, nach aufgehobenem Deckel eine freie Ansicht und ein Ausschöpfen der gewonnenen Nebenproducte verstattet. Die ohngefähre Construction dieser beiden Apparate ist folgende. Fig.
Die Röhren a und b dienen als Zuleiter und Ableiter des Gases, 161.
und können solcher auch mehrere sich in dem nämlichen Gefäfse befinden; m n ist der luftdicht schliefsende Deckel, f ein Hahn zum Ablassen des Theers, g g eine heberförmige Röhre, aus deren Oeffnung h das ammoniakalische Wasser abfliefst, wenn seine Menge zu grofs wird, und wenn man diese verstopft, so kann auch Wasser durch den oberen Trichter nachgefüllt werden. Ein ähnlicher Apparat besteht aus dem offenen, mit einem beweglichen Deckel bedeckten Gefäfse a c d b, in Fig.
welchem ein anderes gasdicht verschlossenes A so umgestürzt 162.
ist, dafs die sich ansammelnden Flüssigkeiten die untere Mündung n n desselben verschliefsen. Die Röhren g und f dienen zur Zuleitung und Ableitung des Gases, auch lassen sich ähnliche Vorrichtungen in diesem als in dem eben beschriebenen anbringen.

In diesem ersten Gefäſse wird vorläufig die gröſsere Menge Theer und Wasser abgeschieden, allein es bleibt bei dem Gase noch allezeit eine hinlängliche Menge, um insbesondere bei groſser Kälte sich abzuscheiden und die engen Mündungen der äuſsersten Röhrchen zu verstopfen. Um auch diesen Rest abzuscheiden und die hierzu erforderliche Kälte hervorzubringen, läſst man das Gas durch mehrere gerade oder schräg stehende
Fig. 163. Röhren a, a, a, a, strömen, welche am besten in unterirdischen Räumen angebracht oder durch Verdunstung kühl erhalten werden, unten aber durch Wasser von der zur Sperrung des Gases erforderlichen Höhe gesperrt sind, in welchem sich nach und nach das Theer absetzt. Man pflegt diese oft in groſser Anzahl verbundenen Röhren von Eisen oder Kupfer auch wohl in einen Behälter von Wasser zu stellen, leichter und besser ist es indeſs wohl, sie dem freien Luftzuge ohne directe Einwirkung der Sonnenstrahlen auszusetzen, und zur Erhaltung einer gröſseren Verdunstungskälte mit losem Wollenzeuge zu umgeben, an welchem aus einem oben angebrachten Gefäſse vermittelst eines aus diesem über seinen Rand geschlagenen Streifens frisches Wasser stets herabläuft und sie unausgesetzt feucht erhält.

Nach dem Absetzen des Theers muſs das Gas noch von der beigemengten Kohlensäure und dem Schwefelwasserstoffgase gereinigt werden. Beides geschieht, wenn der Antheil des letzteren nicht zu groſs ist, am zweckmäſsigsten durch Kalkmilch oder Kalkbrei, welcher nach der anfänglichen Reinheit des Gases und des Kalkes dünner oder dicker seyn kann; im Mittel nimmt man 2 Lt. Kalk auf 1 Maſs Wasser, auch wird gleichfalls in genähertem Werthe 1 Cub. F. Kohlensäure durch 4 Lt. Kalk und 1 Cub. F. Schwefelwasserstoffgas durch $4\frac{1}{2}$ Lt. absorbirt. Das Gas wird nicht leicht hinlänglich gereinigt, wenn man es bloſs durch den Kalkbrei streichen läſst, auch würde letzterer hierdurch nicht vollständig gesättigt werden, und eine zu groſse Consumtion desselben erforderlich seyn. Man sucht daher die Menge der Berührungspuncte zwischen dem Kalke und dem Gase zu vergröſsern, welches durch verschiedene, meistens durch folgende Vorrichtungen bewerkstelligt wird. Ein geeignetes, in seinem Innern durch wechselnde,
Fig. 164. gegen den Horizont geneigte und mit umgebogenen Rändern versehene Bleche getrenntes Gefäſs ist mit Kalkmilch gefüllt, welche durch die Röhre h gelassen und durch G erneuert werden kann. Der Eintritt des Gases geschieht durch die Röhre I,

aus welcher es abwechselnd durch die feinen, etwa 1 Lin. im Durchmesser haltenden Löchern α, α, α, α, α in kleinen Blasen aufsteigt, unter den Blechen b, b, b, b hinstreicht, und endlich durch die Abzugsröhre k einen Ausweg findet. Will man die Menge der Berührungspuncte noch mehr vervielfältigen, so bringt man ein Getriebe an, welches entweder mit der Hand oder durch Gewichte oder vermittelst einer andern mechanischen Vorrichtung stets gedrehet wird, und die Kalkmilch ohne Unterlaſs durch einander rührt. Damit aber nicht die gesammte Masse hierdurch allmälig eine rotirende Bewegung erhalte und der Effect der Maschine diesemnach geschwächt werde, giebt man den Blasen eine entgegengesetzte Bewegung, wie durch folgende Vorrichtung bewerkstelligt wird. Das Gas tritt durch Fig. die, über den ganzen Boden des Gefäſses hingeleitete, an der 165. unteren Seite mit feinen Löchern versehene Röhre g ein, durch h wird die Kalkmilch abgelassen und durch k mit neuer vertauscht. Durch die Röhre m geht die Welle n n, welche entweder durch eine Stopfbüchse luftdicht gemacht ist, oder die Röhre m hat eine solche Länge, daſs die in ihr enthaltene Flüssigkeit hinreicht, durch ihren Druck die Gasart so weit zu sperren, als die Spannung derselben erfordert. An der Welle befindet sich bei v ein Getriebe, welches in die Zähne der Räder y, y eingreift, diese nach entgegengesetzten Seiten umtreibt, und hierdurch die an den Wellen der Räder befestigten horizontalen Scheiben mit herabgebogenem Rande und einigen auf ihre Fläche lothrecht befestigten Blechen w, w, w, w in drehende Bewegung versetzen. Durch diese, nach entgegengesetzten Richtungen gehende Drehung wird das Gas mit der Kalkmilch in möglichst vielfache Berührung gebracht, während es durch die kleinen Löcher in den beweglichen Scheiben und gleichfalls durch die in den festsitzenden horizontalen Scheiben s, s, s, s, zuletzt aber durch die Röhre x einen Ausweg findet [1]. Ist aber

1 Neuerdings hat Ledsam gegen diese Reinigungsmethode den groſsen Verbrauch von Kalk und die sehr bedeutende Arbeit des Rührens eingewandt und statt dessen das Ammoniak vorgeschlagen. Zu diesem Ende sättigt er die, in allen Gaswerken vorhandene ammoniakalische Flüssigkeit mit Kochsalzsäure und raucht sie bis zum Krystallisiren beim Erkalten ab, mengt das auf diese Weise erhaltene salzs. Ammonium mit ohngefähr zwei Drittheil des Gewichts gebrannten Kalk, bringt es in eine Retorte und giebt mäſsig Feuer. Das in

das Gas aus schwefelkieshaltigen Kohlen bereitet, und daher mi vielem Schwefelwasserstoffgas verunreinigt, so läſst man es dann nochmals durch eine Auflösung von essigsaurem (holzessigsaurem) Blei streichen, wozu die erstere der zuletzt genannten zwei Vorrichtungen am besten geeignet ist, wenn man sie mit einer Auflösung Bleizucker, statt der Kalkmilch füllt. Nebenher ist es leicht, an irgend einer schicklichen Stelle dieser Leitungsröhren eine heberförmig gebogene, mit Wasser oder Quecksilber gefüllte Röhre anzubringen, und aus dem ungleichen Stande der Flüssigkeit in beiden Schenkeln die Elasticität des mit ihnen in Verbindung stehenden Leuchtgases zu bestimmen. Meistens pflegt auch in der Nähe der Reinigungsapparate eine Vorrichtung angebracht zu werden, um eine kleine Menge Gas zur Prüfung herauszunehmen oder anzuzünden.

2. Aufbewahrung des Gases.

Das bereits gereinigte Gas wird vor der Benutzung in gröſseren oder kleineren Behältern, den sogenannten *Gasometern*, gesammelt, und hierin längere oder kürzere Zeit aufbewahrt. Im Allgemeinen giebt es zweierlei Arten solcher Gasometer, nämlich die gröſseren unbeweglichen, bei den Gasbereitungsanstalten befindlichen, und die kleineren tragbaren, in welchen geringere Quantitäten entweder in Privatwohnungen transportirt, oder bloſs aufbewahrt werden, hauptsächlich um in letzteren für jeden Tag als Leuchtmittel zu dienen. Es mögen hier vorerst die unbeweglichen berücksichtigt werden, welche man in den Beleuchtungsanstalten groſser Städte, namentlich den englischen, oft von wahrhaft riesenmäſsiger Gröſse antrifft. In der Regel bestehen sie insgesammt aus einer Cisterne mit dem erforderlichen Wasser, und einem dieser der Form nach ange-

groſser Menge frei werdende Ammoniakgas wird in das Kohlengas geleitet und verbindet sich mit der Kohlensäure desselben. Das Gas wird dann durch Wasser geleitet, worin das kohlens. Ammoniak zurückbleibt, und wieder benutzt werden kann. Der salzs. Kalk in der Retorte kann weiter statt der Salzsäure zur Bildung des Salmiaks benutzt werden. Der Apparat soll wohlfeil und einfach zu manipuliren seyn. S. Repertory of Patent. Inventions 1827. Juin. p. 217. daraus in Dingler's polytechn. Journal XXV. S. 329. Der Vorschlag scheint allerdings der Beachtung sehr werth zu seyn.

paſsten, mit seiner Oeffnung in dieselbe eingetauchten, luftdicht schlieſsenden Gefäſse. Die Cisternen werden aus Steinen wasserdicht gemauert, oder aus Holz, und wenn sie sphäroidisch sind, nach Art groſser Bütten, oder aus Metallblech, aufgebauet; die eigentlichen Gasbehälter aber werden aus Holz oder weit häufiger aus Blech verfertigt, wobei Gröſse und Form nach den obwaltenden Umständen zu bestimmen sind. In den meisten Fällen verfertigt man beide aus gewalztem Eisenbleche, welches vermittelst eines geeigneten Kittes auf einander gelegt und vernietet, dann aber auf beiden Seiten mit Oelfarbe angestrichen wird; noch besser von dem in groſsen Tafeln in England bereiteten, am Rande verzinnten, und deſswegen leicht zu löthenden Eisenbleche. Kleinere können aus verzinntem Eisenbleche, oder zu gröſserer Eleganz aus Kupferblech oder Messingblech leicht verfertigt werden. Folgendes sind die Hauptsachen, welche bei der Einrichtung der Gasometer in Betrachtung kommen, und in sofern genaue Berücksichtigung verdienen, als gerade dieser Theil der Beleuchtungsapparate unter die wesentlichsten Stücke derselben gehört.

1. Die Gröſse des Gasometers muſs bei gegebener Form und mit Rücksicht auf die erforderlichen Leistungen desselben nach den Regeln der Stereometrie berechnet werden. Im Allgemeinen aber macht man diese Gasbehälter beträchtlich gröſser, als für den jederzeitigen Gebrauch gerade erforderlich ist, und legt deren mehrere in angemessenen Entfernungen an, welche 3000 bis 6000 F. nicht zu übersteigen pflegen, um die zu langen Röhrenleitungen zu vermeiden. Indem es ferner kein Mittel giebt, das Ausströmen des Gases mit absoluter Sicherheit zu vermeiden, hierdurch aber leicht höchst gefährliche Explosionen veranlaſst werden, wenn die Gasart mit der sauerstoffhaltigen atmosphärischen Luft vereinigt wird, so errichtet man die Gasometer neuerdings meistens im Freien und in einiger Entfernung von den bewohnten Theilen der Städte, damit das etwa entweichende Gas sich leichter zerstreuen kann, und eine mögliche Explosion keinen so groſsen Schaden anrichtet, als sonst der Fall seyn würde. Daſs die Gefahr solcher Explosionen nicht geringe sey, zeigt Congreve in Gemäſsheit seiner Versuche, wonach 346 Cub. Z. Gas mit 1382 Cub. Z. atmosphärischer Luft gemengt, eine Gewalt ausüben, als 16 Drachmen Schieſspulver, wonach also ein Gasometer von 15,000 Cub. F.

Inhalt mit der proportionalen Menge atmosphärischer Luft gemengt, eine Explosion wie 52 Tonnen *(barrels)* Schiefspulver ausüben würde [1]. Ein Gasometer in Paris hält übrigens 256,000 Cub. F. Gas [2], und die Coalgasanstalt im Westminsterviertel in London hat 17 eiserne Gasometer, jeder 42 F. Durchmesser bei 18 F. Höhe, welche also zusammen 433,730 Cub. F. Gas fassen [3].

2. Man wird zur Ersparung des Raumes und der Kosten allezeit den gröfsten Inhalt bei der geringsten Oberfläche zu erhalten suchen. Indem nun die Kugelform bei diesen Apparaten nicht in Anwendung kommen kann, so lehrt die Geometrie, dafs unter allen Formen dieses am besten durch den Cylinder oder ein diesem nahe kommendes Polygon, dann durch ein elliptisch gebogenes Gefäfs, wobei die grofse Axe nicht völlig das Doppelte der kleinen ausmacht, demnächst durch ein quadratisches und am wenigsten durch ein länglich viereckiges erreicht wird, wenn man die übrigen noch weniger zweckmäfsigen Formen ausschliefst. Bei allen genannten müfste dann die Höhe der Hälfte der Seite oder des Durchmessers gleich seyn. Die cylindrische oder quadratische Form ist indefs die einfachste, und wird daher auch ausschliefslich oder mindestens vorzugsweise gewählt.

3. Eine der gröfsten Schwierigkeiten besteht darin, die sehr nöthige Bedingung zu erreichen, dafs der Druck des Gasbehälters auf das enthaltene Gas allezeit gleich grofs ist, weil hiervon die Geschwindigkeit der Ausströmung des Gases abhängt. Der Behälter nämlich, welcher das Gas einschliefst, verliert bei allmäliger Entfernung von seinem Drucke gegen das Gas so viel, als der Gewichtsverlust seiner, in das Wasser der Cisterne eingetauchten Masse beträgt. Sind die Wände des Behälters von dünnem Blech verfertigt, so ist dieser Gewichtsverlust nicht sehr bedeutend, und bei gleicher Dicke der Höhe des eingetauchten Theiles direct proportional. Dagegen ist das enthaltene Gas specifisch leichter als die atmosphärische Luft, und es wird daher die Kraft, womit dasselbe den Behälter zu heben strebt, dem Cubikinhalte des enthaltenen Gases proportional seyn. Die Sache im Allgemeinen genommen ist bei fast gänzlich in das

1 Congreve in Ann. of. Phil. V. 414.

2 Ann. of Phil. N. S. VI. 406.

3 Weber, Gewerbekunde II. 440.

Sperrwasser eingetauchten Gasometern das Gewicht des Deckels oder der oberen horizontalen Fläche des Gasbehälters, und das Uebergewicht seiner verticalen Seiten über die Menge des von ihnen verdrängten Wassers eine gewisse beständige Gröſse, welche wir als auf eine etwa nur einige Linien hohe, unter dem Gefäſse befindliche, Gasschicht drückend ansehen können, so daſs hiernach also das vermehrte Gewicht der aus dem Wasser herausstehenden Seitenwandungen unter den hier angegebenen Bedingungen als unbedeutend vernachlässigt werden kann. Wenn man nun berücksichtigt, daſs das gesperrte Gas zur Bewirkung seines Ausströmens allezeit einen gewissen Druck erleiden muſs, und wenn man diesen auch im allergeringsten nur auf 0,7 Z. Wasserhöhe oder 0,05 Z. Quecksilber setzt, so läſst sich leicht einsehen, daſs die aus dünnem Bleche bestehende Decke des Behälters, die zu seiner Festigkeit erforderlichen Schienen u. s. w. mitgerechnet, nebst dem Uebergewichte der in das Wasser der Cisterne eingetauchten Seitenwandungen ins besondere bei groſsen Gasbehältern nicht leicht zur Erzeugung dieses erforderlichen Druckes ein zu groſses Gewicht haben werden [1]. Hiernach wäre also gar keine Compensation nöthig, wenn dieser Druck constant bliebe. So wie aber der Behälter mit Gase gefüllt wird, nimmt sein Gewicht um so viel zu, als das hydrostatische Gewicht der aus dem Wasser emporgehobenen Seitenwandungen beträgt, zugleich aber um so viel ab, als die eingeschlossene Gasmenge aërostatisch leichter ist als ein gleiches Volumen atmosphärischer Luft, und diese beiden entgegengesetzten Gröſsen müssen gegen einander ausgeglichen werden, wenn der Druck ein constanter bleiben soll. Weil indeſs die hier zu berechnenden Werthe für jeden gegebenen Gasometer verschieden sind, so lassen sich hierüber nur einige allgemeine Regeln aufstellen, welche ich ganz elementar mitzutheilen für zweckmäſsig halte.

Es sey zu diesem Ende ein quadratischer Behälter aus Kupfer- oder Eisenblech von 0,3 Lin. Dicke verfertigt, jede Seite

1 Die Fläche des Deckels nimmt mit der Gröſse des Gasbehälters im quadratischen Verhältnisse des Durchmessers zu und eben so die Menge des Gases, worauf bei gleicher Höhe der Druck ausgeübt wird, die Gröſse der Seitenwandungen aber wächst im einfachen Verhältnisse des Durchmessers. Der Druck der Gasbehälter wird sonach mit ihrer Gröſse verhältniſsmäſsig geringer werden.

20 F. lang, und er werde um 1 Z. hoch aus dem Wasser in die Höhe gehoben, so ist der cubische Inhalt des nicht mehr im Wasser befindlichen Metalles $= 12 \times 4 \times 20 \times \frac{0,3}{12} = 960 \times 0,025 = 24$ Cub. Z. oder $\frac{24}{1728} = \frac{1}{72}$ Cub. F. Der Behälter wird also, um so viel schwerer, als diese, jetzt nicht mehr von ihm verdrängte Flüssigkeit wiegt. Nehmen wir der Kürze wegen in Pariser Maſs den Cub. F. Wasser zu 72 ℔., so betrüge dieses Gewicht gerade 1 ℔. für 1 Z. Hebung des Behälters, folglich 12 ℔. für 1 F. und für 10 F. 120 ℔. Zugleich sey im Mittel das spec. Gew. des eingeschlossenen Gases = 0,65, das absolute Gewicht eines Cub. F. atmosphärische Luft in genähertem Werthe = 0,08 ℔., so wird eine Schicht Gas von 1 F. Höhe und 20 F. Quadrat $= 20^2 \times 0,08 \times (1 - 0,65) = 400 \times 0,08 \times 0,35 = 11,2$ ℔. weniger als ein gleiches Volumen atmosphärische Luft wiegen, und mit diesem Gewichte also den Gasbehälter heben. Da diese Abnahme des Gewichtes der Höhe des gefüllten Behälters gleichfalls direct proportional ist, so heben sich in dem gewählten Beispiele die entgegengesetzten Gröſsen so nahe vollständig auf, daſs der Unterschied füglich vernachlässigt werden kann, um so mehr als die der Berechnung zum Grunde liegenden Werthe keineswegs absolut genau sind. Weil aber der Umfang der Gasbehälter im einfachen, der Inhalt derselben aber im quadratischen Verhältnisse ihrer Gröſse wächst, so ist klar, daſs bei sehr groſsen die letztere Gröſse die erstere übersteigen muſs, bei kleinen dagegen umgekehrt. Um auch dieses durch ein Beispiel zu zeigen, mögen die einmal angenommenen Bestimmungen für ein rundes Gasometer von vorzüglicher, aber keineswegs übertriebener Gröſse beibehalten werden. Es sey deſswegen ein kreisförmiges Gasometer zu berechnen, wobei der Durchmesser des Gasbehälters 60 F. betragen möge. Wird dasselbe dann 1 F. hoch aus dem Wasser gehoben, so beträgt die nicht mehr im Wasser eingetauchte Metallmasse $\frac{60 \times 3,14 \times 0,3}{144}$ Cub. F. = 0,3925 oder in runder Zahl 0,4 Cub. F. und der Behälter wird also, den Cub. F. Wasser = 70 ℔. angenommen, um 27,475 oder in runder Zahl 28 ℔. schwerer. Der Cubikinhalt des eingeschlossenen Gases für 1 F. Höhe, da der Flächeninhalt der Kreisfläche für

einen Halbmesser = r durch die Formel $r^2\pi$ gefunden wird, wenn π die Ludolf'sche Zahl = 3,14 bedeutet, ist also = $30^2 \times 3,14$ = 2826 Cub. F. und also die hierdurch erzeugte Steigkraft = $2826 \times 0,08 \times 0,35 = 79,128$, in runder Zahl 80 ℔. Wird jene obere Zahl von dieser unteren abgezogen, so ist 80 — 28 = 52 ℔., und so viel, also nahe ein halber Centner, müfste für jeden Par. F. Erhebung dem Gewichte des Gasbehälters zugelegt werden, um seinen Druck auf das eingeschlossene Gas constant zu erhalten.

Um diesen Gegenstand im ganzen Umfange zu beleuchten, kommt noch Folgendes in Betrachtung. Wir wollen annehmen, das Gasometer sey bei einer Füllung von 1 F. Höhe des Gases so im Gleichgewichte, dafs es den erforderlichen Druck auf das Gas, wie ihn eine stets gleichmäfsige Ausströmung desselben verlangt, ausübte, welchen wir im genäherten Werthe einmal zu 1 Z. Wasserhöhe annehmen wollen. In diesem Falle würde also das Wasser in der Cisterne 1 Z. höher stehen, als im Gasbehälter, und das eingeschlossene Gas würde durch diesen Druck zum Ausströmen mit einer gewissen Geschwindigkeit angetrieben werden. Wir wollen nun annehmen, der Gasbehälter werde so weit mit Gas gefüllt, dafs er 6, 10 bis 15 F. über das Niveau des Wassers in der Cisterne hervorragte, so müfste auch dann noch das Wasser in der letzteren 1 Z. höher stehen, als in ersterem, wenn durch das Gasometer die stets gleichmäfsige Ausströmung des Gases regulirt werden soll. Nun zeigt zwar das zuerst berechnete Beispiel, dafs die beiden hierbei auf eine entgegengesetzte Weise das Gleichgewicht verändernden Bedingungen einander gleich seyn können, und es wird dieses um so mehr der Fall seyn, je dicker bei zunehmender Gröfse des Gasbehälters seine Seitenwände sind. Aufserdem ist ein Gasometer auf allen Fall ein so unbehülfliches Werkzeug, dafs man ihm nicht allezeit die Regulirung eines gleichmäfsigen Ausströmens des Gases anvertrauet, sondern hierzu noch andere Vorrichtungen ersonnen hat, und wirklich habe ich auch bei den beiden grofsen Gasometern in Berlin keine Regulatoren bemerkt. Auf der andern Seite aber zeigt das zweite berechnete Beispiel, dafs namentlich bei grofsen Gasometern die den Behälter hebende Kraft einen bedeutenden Ueberschufs erhalten kann. In diesem Falle wird zwar das im Gasbehälter enthaltene Gas, in sofern es unter dem Drucke der äufseren umgebenden Atmosphäre steht,

seine relative Elasticität und die dieser proportionale Dichtigkeit beibehalten, außerdem aber wird dasselbe noch durch das, vermöge größerer Erhebung aus dem Wasser vermehrte, Gewicht des Behälters zusammengedrückt. Allein da das eingeschlossene Gas leichter ist als die atmosphärische Luft, so gleicht der gefüllte Gasbehälter einem Aërostaten, welcher um so mehr statisch in die Höhe gehoben wird, je größer die Quantität des eingeschlossenen Gases ist, und es könnte sich daher bei einem sehr großen Behälter leicht ereignen, daſs derselbe im Ganzen leichter würde, als das durch ihn verdrängte Volumen atmosphärische Luft, in welchem Falle er das Bestreben äuſsern müſste, in die Höhe zu steigen, wodurch dann das Wasser in ihm höher als in der Cisterne stehen, und die äuſsere Luft in entgegengesetzter Richtung, als das Gas strömen soll, in ihn eindringen würde, bis das Gleichgewicht hergestellt wäre, und Stillstand einträte. Durch ein solches Eindringen der atmosphärischen Luft würde aber in dem Gasbehälter Knallgas gebildet werden, dessen Entzündung die furchtbarste Explosion erzeugen könnte. Hieraus ergiebt sich also evident, daſs man in geeigneten Fällen nothwendig eine Regulirung anbringen und zugleich für einen mit dem Gasbehälter verbundenen *Index* sorgen müsse, um jederzeit überzeugt zu seyn, daſs die Spannung des Gases im Behälter die der äuſseren Luft übertreffe.

Zur Erreichung der hiernach erforderlichen Regulirung sind sehr viele Vorschläge geschehen. Weil aber keineswegs alle zweckmäſsig sind, und auſserdem die Aufgabe nicht eben schwierig zu lösen ist, so will ich bloſs einige wenige beschreiben. So könnte man unter andern nur eine durch vorausgehende Rechnung bestimmte [1] Menge von hölzernen Leisten an der Auſsenseite des Behälters befestigen, welche beim Einsinken in das Wasser der Cisterne den Behälter wegen ihres verhältniſsmäſsig groſsen Volumens sehr erleichtern, sein Gewicht dagegen beim Steigen ansehnlich vermehren würden. Noch leichter

1 Solche Berechnungen sind übrigens deſswegen schwierig, weil man die ihnen zum Grunde liegenden Bestimmungen nicht leicht mit hinlänglicher Schärfe erhalten kann. Namentlich ist das spec. Gewicht des Luftgases nicht allezeit gleich, das oben angenommene aber ist für Steinkohlengas bedeutend groſs, so daſs namentlich bei schlechterem Gase das Emporgehobenwerden groſser Gasometer sehr zu fürchten ist.

liefse sich ganz empirisch eine Compensation anbringen, wenn man das ganze, beim höchsten Stande des Gasbehälters erforderliche Zulegegewicht an vielen Schnüren herabhängend auf die Länge der letzteren so proportional vertheilte, dafs beim Höhersteigen des Behälters stets der erforderliche aliquote Theil desselben auf die Oberfläche des Behälters drückte, der Rest aber von den Seiten getragen würde, bis es beim höchsten Stande des Behälters mit seiner gesammten Last auf diesen drückte.

Die hier angegebene Compensation würde in denjenigen Fällen mit Nutzen anzuwenden seyn, wenn nach dem zweiten berechneten Beispiele der Gasbehälter beim Höhersteigen leichter wird, als wenn er mit wenigem Gase gefüllt ist, oder wenn seine aërostatische Steigkraft dann gröfser ist, als die hydrostatische Vermehrung seines Gewichtes. Preuss [1] giebt dagegen eine Compensation für denjenigen Fall an, wenn das Gegentheil statt findet, d. h. wenn das Gewicht des Gasbehälters beim Höhersteigen durch den aus dem Wasser gehobenen Theil seiner Seitenwandungen um einen gröfseren Theil vermehrt wird, als die Zunahme seiner Steigkraft durch die vermehrte Menge des eingeschlossenen Gases beträgt, ein Fall, welcher bei gröfseren Behältern hauptsächlich dann leicht eintritt, wenn sie aus Holz verfertigt sind. Es werde dann vorausgesetzt, der Behälter sey bei Fig. seinem niedrigsten Stande durch ein an dem Hebebalken f be- 166. findliches Gewicht p genau so balancirt, dafs sein Uebergewicht gerade so viel betrage, als erforderlich ist, um den Stand des Wassers in ihm 1 Z. niedriger zu erhalten als in der Cisterne. Dann werden an demselben zwei oder mehrere Gefäfse mit Wasser a, a von derjenigen Gröfse angebracht, dafs ihr Inhalt genau der durch die Seitenwände des tiefer eingetauchten Behälters verdrängten Wassermasse gleich ist, und aus diesen werden die heberförmig gebogenen Röhren b, b in das Wasser der Cisterne gesenkt. So wie dann der Gasbehälter steigt oder sinkt, werden die Gefäfse a, a ausgeleert oder gefüllt werden, und dadurch ein bleibendes Gleichgewicht hergestellt seyn. Es fällt indefs in die Augen, dafs man statt dieser künstlichern Vorrichtung auf die eben angegebene Weise weit einfacher den beab-

1 Tabor Gasbeleuchtung.

sichtigten Zweck erreichen könne, wenn man das ganze Gewicht p in die erforderliche Menge aliquoter Theile vertheilte, diese an einem Seile herabhängen und auf eine Unterlage herabsinken ließe, so daß sie beim höchsten Stande des Gasbehälters sämmtlich auf der Unterlage ruheten, bei seinem niedrigsten dagegen sämmtlich von dem Hebelarme getragen würden. Wäre dann auch hierbei für den höchsten und niedrigsten Stand das erforderliche Gewicht empirisch regulirt, so erfolgte für alle zwischenliegende Erhebungeu die Compensation von selbst.

Eine für beide genannte Fälle brauchbare und obendrein leicht empirisch herzustellende Compensation kann durch die ungleiche Länge des Hebelarmes erhalten werden, an welchem das Gegengewicht p herabhängt. Da nämlich am Winkelhebel die Kraft $p' = p \sin. \alpha$ ist, wenn α denjenigen Winkel bezeichnet, welchen die Richtungslinie der Kraft mit dem Hebelarme macht, und da zugleich für einen von 0° bis 90° wachsenden Winkel das Gewicht p′ von 0 bis 1 veränderlich wird, so ist klar, daß innerhalb dieser Grenze alle erforderliche Werthe von p′ enthalten seyn müssen. Für den praktischen Gebrauch verfertige man also den Balancier AB so, daß das Bogenstück pq
Fig. 167. mit gleichem Radio vom Hypomochlio aus gezogen ist, oder $l = L$, in welchem Falle die Producte $pl = pL$ einander gleich seyn werden, und das Gewicht p in jeder Höhe mit gleicher Kraft wirkt. Alsdann stelle man für den höchsten und tiefsten Stand des Gasbehälters das Gleichgewicht des letzteren in der Art her, daß für ungleiche Gewichte p und P in beiden Ständen das Wasser im Behälter um die erforderliche Größe, wir nehmen an 1 Z., tiefer stehe, als in der Cisterne, und da nach den Gesetzen des Hebels die Längen der Hebelarme sich umgekehrt verhalten als die Gewichte, oder $pL = Pl$ ist, so findet man für eine ungleiche Wirkung mit einem gleichen Gewichte die Länge $l = \frac{pL}{P}$, wonach also die erforderlichen Längen von L und l, mag, wie in der Zeichnung, das obere oder das untere das längste seyn, empirisch bestimmt werden können, um alsdann das Bogenstück daran zu befestigen.

Caston[1] bringt *Gasometer* in Vorschlag oder will sie viel-

1 Lond. Journ. of Arts and Sc. 1824. Jan. S. 21. Daraus in *Dingler* polyt. J. XIV. 15.

mehr wirklich angewandt haben, welche zwar sehr einfach und bequem seyn würden, schwerlich aber eine wirkliche Ausführung gestatten. Das Ganze besteht aus einem hölzernen, luftdichten Kasten, an dessen oberem Rande eine inwendig bis auf den Boden herabgehende zusammenhängende Fütterung von Oeltuch oder Wachsleinwand befestigt seyn soll, deren unterer Rand an einen hölzernen, gleichfalls luftdichten, mit dem Boden des Kastens parallel laufenden Deckel befestigt wird. Ist dann das Gasometer nicht gefüllt, so berühren dieser Deckel und der Boden einander; so wie er aber gefüllt wird, hebt das Gas den Deckel, bis er zur doppelten Höhe des Gasometers gelangt, und das Gas unter stets gleichem Drucke (?) zwischen dem Boden des Kastens, zwischen dem Deckel, den Wänden des Kastens und der gleichfalls in die Höhe gezogenen Wachsleinwand eingeschlossen ist. Dafs so ausgedehnte Flächen von Holz bei dem ungleichen Einflusse der Wärme und Feuchtigkeit luftdicht bleiben sollten, ist auf keine Weise zu erwarten, und eben so wenig ist dieses mit hinlänglicher Biegsamkeit der Wachsleinwand oder des Oeltuches vereinbar. Eben diese Einwendung findet gegen das Gasometer statt, welches Tait [1] in Vorschlag bringt. Dieses besteht aus einer cylinderförmigen Cisterne und aus einem auf gleiche Weise gestalteten Gasbehälter, dessen einzelne Abtheilungen nach Art eines Fernrohrs in einander geschoben sind, beim Füllen mit Gas aber aus einander gezogen werden, und also bei einem kleinen Inhalte der Cisterne eine bedeutende Menge Gas enthalten sollen. Abgesehen davon, dafs hierdurch die Höhe des Gasbehälters unverhältnifsmäfsig vermehrt werden, und viele Unbequemlichkeiten herbeiführen würde, weifs man ohnehin, dafs selbst die fein gearbeiteten Züge der Fernröhre nicht luftdicht schliefsen, um wie viel weniger ist dieses von so unbeholfenen Maschinen zu erwarten.

4. Endlich mufs der Gasbehälter auch so eingerichtet seyn, dafs seine unteren Ränder stets horizontal erhalten werden, und da aus leicht begreiflichen Gründen der Schwerpunct desselben in der Regel etwa in die Mitte seines innern Raumes fällt, mithin bei seinem Steigen über das Wasser gehoben wird, so ist

1 Aus Lond. Journ. of Arts and Sc. Jun. 1824. S. 305 in *Dingler's* J. XV. 54.

es klar, dafs er leicht eine Neigung zum Umschlagen erhalten kann. Ist der Zwischenraum zwischen seinen Wänden und denen der Cisterne nicht grofs, so wird er hieran zwar gehindert, allein dann könnte leicht eine nachtheilige Reibung an den Seiten entstehen. Sind die Wände des Behälters dünn, und mufs er wegen des dickeren, und also schwereren Deckels durch ein Gegengewicht balancirt werden, wie oben beschrieben ist, so wird die Gefahr des Umschlagens nicht leicht statt finden, indefs ist nicht in Abrede zu stellen, dafs man in vielen Fällen auf Mittel zu ihrer Abwendung Bedacht nehmen mufs. Unter den mehreren sich für diesen Zweck fast von selbst aufdringenden Mitteln ist eins der einfachsten und leichtesten, dafs man in der verticalen Axe des Gasbehälters eine Röhre anbringt, welche von gleicher Höhe als der Behälter selbst ist, in der Mitte der Cisterne dann eine verticale Stange befestigt, über welcher jene Röhre sich auf und nieder schiebt; zur Vermeidung der Reibung können aber inwendig in jener Röhre oben und unten je vier einander diametral gegenüberstehende Frictionsrollen angebracht werden. Endlich kann die Stange oben noch einen kleinen Querbalken tragen, welcher den Behälter hindert, höher als bis zu dessen Berührung aufzusteigen.

Aufser diesen grofsen Gasometern, den eigentlichen Behältern des bereiteten Gases, giebt es noch kleinere, meistens tragbare, welche hauptsächlich dazu dienen, mit einer gewissen Quantität Gas gefüllt, und in Privatwohnungen getragen zu werden. Sie sind von sehr verschiedener Gröfse und Gestalt, etwa gut verpichte Tonnen und andere Behälter, welche im Allgemeinen den gröfseren Gasometern nachgebildet werden. Ihre nächste Bestimmung ist, in den Privatwohnungen aufgestellt zu werden, wohin man die Gasröhren aus den Hauptleitungen nicht ohne Schwierigkeit führen kann, sie dort mit Leuchtgas zu füllen, und dieses aus ihnen auf die geeignete Weise durch Röhren in die zu erleuchtenden Räume zu leiten. Man war indefs zugleich bemühet, sie tragbar zu machen, und es sind in dieser Hinsicht einige zweckmäfsige Vorschläge geschehen, z. B. von Lampadius[1], Döbereiner[2] u. a.; weil aber die Spannung des

1 Accum prakt. Abh. u. s. w. übers. von Lampadius.

2 Zur pneumatischen Chemie. Jena 1821. 8.

Gases durch Wasser geschehen muſs, letzteres aber bei gröſserem Volumen ein zu bedeutendes Gewicht hat, so verfertigte man bald metallene Behälter, in denen das Gas für sich selbst gesperrt ist. Inzwischen müſsten auch diese zu groſs seyn, wenn sie eine nur für einige Stunden ausreichende Quantität Gas fassen sollen, indem eine einzige Flamme für eine Stunde nahe einen Cubikfuſs Gas erfordert, und man kam daher bald auf die Idee, das Gas in diesen transportabelen Behältern zu comprimiren, wozu sich hauptsächlich das Oelgas eignet, weil ein kleineres Volumen desselben zur Erzeugung einer hinlänglich erleuchtenden Flamme erfordert wird. Aus diesen tragbaren Gasbehältern, welche in der Fabrik gefüllt und den Kunden in ihre Wohnungen gebracht werden, lassen sich dann die kleinen Gasometer füllen, um vermittelst der letzteren eine stets gleichmäſsig brennende Flamme zu erhalten; ungleich einfacher und zweckmäſsiger würde es aber seyn, das aus ihnen strömende Gas unmittelkar verbrennen zu lassen, stände diesem nicht das Hinderniſs im Wege, daſs das stärker comprimirte Gas schneller ausströmt, wonach also die Flamme anfangs sehr groſs seyn, allmälig kleiner werden, und endlich ganz verschwinden muſs. Wegen der Wichtigkeit der Aufgabe läſst sich leicht erachten, daſs man auf die Construction dieser tragbaren Gasbehälter ungemein viele Anstrengung verwandt hat.

Was zuvörderst die Compression des Gases in denselben betrifft, so hat man zur bequemen Bewerkstelligung derselben mehrere Vorschläge gethan, indeſs übergehe ich diese sämmtlich, weil das Ganze einfach auf eine zweckmäſsige Compressionsmaschine hinauskommt, deren Construction keine Schwierigkeit hat. Ungleich schwieriger und vielleicht ganz unmöglich ist dagegen die Auffindung eines völlig genügenden Mechanismus, durch welchen das Ausströmen des abnehmend weniger comprimirten Gases so regulirt würde, daſs vom Anfange bis zum Ende des Verbrennens stets eine ganz gleiche Quantität von Gas ausströmte. Wegen der Wichtigkeit des Problems, und da so oft behauptet wird, daſs solche Gasbehälter mit stets gleichmäſsiger Ausströmung wirklich vorhanden seyen, indem sogar die Postkutschen sich dieser Art der Erleuchtung bedient haben sollen, die Sache selbst aber dem Forscher ohne genaue Angabe des hierbei angewandten Mechanismus stets zweifelhaft bleiben muſs, habe ich mich bemüht, Erkundigungen hierüber einzu-

ziehen, bisher aber nichts weiter herausbringen können, als was ich hier kurz mittheilen will.

Unter die älteren bekannten tragbaren Gasbehälter gehören die durch Gordon verfertigten kugelförmigen aus Kupfer, welche eine 25fache Zusammendrückung des Gases aushalten, und die ihnen ähnlichen aus Eisen, welche Caston verfertigt. Beide sind durch Tabor[1] ausführlich beschrieben, und können sehr gut benutzt werden, um aus ihnen die in den Häusern befindlichen kleinen Gasometer zu füllen, welche letzteren dann eine stets gleichmäſsig brennende Flamme geben. Soll aber das aus ihnen strömende Gas unmittelbar zur Erleuchtung benutzt werden, so läſst sich die Gleichmäſsigkeit der Flamme nur unvollständig durch allmäliges weiteres Eröffnen des Hahnes erreichen. Uebrigens gewähren auch diese tragbaren Behälter eine groſse Bequemlichkeit, indem die Gascompagnie die leeren täglich durch ihre Diener von ihren beständigen Kunden abholen läſst, und durch gefüllte wieder ersetzt. Zur Regulirung des gleichmäſsigen Ausströmens des Gases sind seitdem mehrere Vorschläge geschehen, ohne daſs jedoch das Problem bis jetzt vollständig gelöset scheint. So hat man vorgeschlagen[2] in dem Gasbehälter einen Stempel anzubringen, welcher herabsinkt, wenn die Compression des Gases nachläſst, und dann den Hahn weiter öffnet. James Jones zu Edinburg[3] bringt dagegen in den Gasbehältern eine heberförmig gebogene, an einer Seite verschlossene und halb mit Quecksilber gefüllte Röhre an. Indem dann die in dem verschlossenen Schenkel enthaltene Luft durch den stärkeren Druck des comprimirten Gases in einen kleineren Raum zusammengepreſst wird, letzterer sich aber bei nachlassendem Drucke erweitert, so zieht ein hiernach angebrachter Regulator einen in dem Ausströmungscanale befindlichen conischen Draht in dem nämlichen Verhältnisse mehr herab, und erweitert hierdurch die Ausströmungsöffnung um so viel, als der nachlassende Druck des Gases erfordert. Der Anwendung dieses Regulators steht

1 a. a. O. II. 502 u. 510. Von diesem, auf alle neue Verbesserungen der Gasbeleuchtungsapparate aufmerksamen Gelehrten weiſs ich auch durch schriftliche Mittheilung, daſs ihm noch keine Vorrichtung bekannt ist, wodurch ein stets gleichmäſsiges Ausströmen des Gases erreicht werden könnte.

2 Mechanic's Mag. Vol. II. Part. X. S. 153. Vgl. Weber. I. 535.

3 Glasgow Mech. Mag. Nr. 56. S. 421.

indeſs das leichte Verschütten des Quecksilbers und das Einklemmen des Drahtes in den engen Canal zu sehr im Wege. Gordon selbst hat später[1] vorgeschlagen, eine conisch endigende Schraube in dem Canale seiner tragbaren Gasbehälter anzubringen, und dadurch die Quantität des ausströmenden Gases zu reguliren.

So viel ich durch weitere Erkundigungen über die Mittel zur Regulirung der Flamme bei den tragbaren Gasbehältern habe erfahren können, behilft man sich im Allgemeinen damit, daſs man den Hahn etwas weiter aufdrehet, wenn die Flamme zu klein wird, und hiermit fortfährt, bis das Gas völlig verzehrt ist, wobei aber allezeit aus leicht begreiflichen Gründen das Gefäſs nicht ganz leer wird, sondern allezeit derjenige Antheil in demselben zurückbleibt, dessen Elasticität dem Drucke der atmosphärischen Luft gleich ist. Obgleich dieses Mittel ein öfteres Drehen des Hahns erfordert, so scheint es mir doch noch unter allen das zweckmäſsigste zu seyn, weil es mindestens eine dem jedesmaligen Bedürfnisse der Helligkeit angemessene Gröſse der Flamme gewährt. Nach einer andern Nachricht sollen Gordon's neueste tragbare Behälter, wenn sie mit Oelgas gefüllt sind, 12 Stunden lang mit der Helligkeit einer gewöhnlichen Wachskerze brennen, und während dieser Zeit nur einer viermaligen Regulirung des Hahns bedürfen, um eine stets fast ganz gleichmäſsige Flamme zu geben. Endlich hat man in London sehr elegante tragbare Gaslampen, welche höchst wahrscheinlich mit einem kleinen Gasometer verbunden sind, in welche man vermittelst eines Hahns in angemessenen Zeiträumen eine erforderliche Quantität Gas aus dem zur Aufnahme des comprimirten Gases dienenden Gefäſse steigen läſst, und welche dann eine stets gleiche Flamme geben. Sie bestehen der Beschreibung nach aus einem vermuthlich mit dem comprimirten Gase gefüllten Fuſsgestelle, mit einem auf demselben stehenden Cylinder, dem Behälter des kleinen Gasometers, und einer vor dem letzteren stehenden Urne, auf welcher sich das Brennrohr der Flamme befindet. Wird dann ein an der hintern Seite angebrachter Hahn geöffnet, so steigt ein in dem Cylinder befindlicher zweiter Cylinder in die Höhe, und man kann das Gas anzünden. Ist hernach der Cylinder wieder herabgesunken, so

1 London Journ. of Arts and Sc. 1825. Sept. S. 136.

öffnet man den Hahn abermals, bis jener wieder die erforderliche Höhe erreicht hat, und erhält auf diese Weise eine stets gleichmäfsige Flamme. Die genaue Construction dieser und der übrigen tragbaren Lampen, worin die Fabrik von Taylor und Martineau das Oelgas versendet, wird übrigens noch geheim gehalten [1].

Auch in Paris hat man sich bemüht, tragbare Gaslampen mit einer stets gleichmäfsigen Flamme zu construiren, und es hierin, so wie überhaupt in der Bereitung des Leuchtgases sehr weit gebracht, wenn die darüber bekannt gewordene Nachricht[2] vollkommen Glauben verdient. Ein gewisser Jallabert hat nämlich eine solche Lampe vorgezeigt. Sie bestand aus einem kupfernen Cylinder mit zwei halbkugelförmigen Abrundungen an beiden Enden, welcher einen Candelaber mit 6 Brennmündungen trug. Der Recipient enthielt einen Raum von 4 Cub. F., und da das Gas in demselben 15 mal verdichtet war, so faſste er zusammen 60 Cub. F. Gas von der Elasticität der atmosphärischen Luft. Jede der 6 Brennmündungen gab die Helligkeit einer Lampe von Carcel und erforderte hierzu 1 Cub. F. Gas in jeder Stunde, mithin brannten alle 6 Mündungen 10 Stunden. In den 6 Stunden der Sitzung brannten die Lichter mit gleichbleibender Helligkeit, welches der Künstler durch einen eigenen Mechanismus erreicht hatte. Jallabert wollte zugleich den Cubikfufs Oelgas, also die Erleuchtung für 1 Stunde um 6 Centimen liefern.

III. Fortleitung und Messung des Gases.

Einen wesentlichen Theil der Gasapparate machen die Fortleitungsröhren aus, und es ist schwer, bei neuen Anlagen hierin die richtigen Verhältnisse zu bestimmen, weil zwar die Theorie über die Strömungen gasförmiger Körper in Röhren und aus Oeffnungen durch die neuesten Versuche bedeutend vervollkommnet ist, auch die Erfahrung bei den vielen Gasapparaten vieles hierüber aufgehellet hat, im Ganzen aber dieses alles für eine völlig scharfe Bestimmung in einzelnen Fällen noch keines-

1 Tabor aus schriftlicher Mittheilung.

2 Büllet. de la Soc. d'Encourag. pour l'Industrie nat. Oct. 1825. S. 303. Daraus in Weber's Gewerbekunde. III. 410.

wegs genügt. Im Allgemeinen ist die Menge des aus einem Gasometer durch die Leitungsröhren strömenden Gases, welche zur Erhaltung einer stets gleichmäfsig brennenden Flamme fortdauernd unverändert seyn mufs, eine Function der Länge und Weite der Röhren, der Gröfse ihrer Oeffnungen, der specif. Dichtigkeit des Gases, und der Höhe der Wassersäule, wodurch dasselbe comprimirt wird, welches alles im Art. *Pneumatik* näher bestimmt werden mufs. Für die praktische Anwendung genügt indefs Folgendes. Gute Steinkohlen liefern das ℔. etwa 4 bis 6 Cub. F. Gas und 60 bis 66 pC. Coaks, deren Volumen das der destillirten Steinkohlen nahe um 0,3 übertrifft. Von diesem Gase wird 0,5 Cub. F. jede Stunde erfordert, um eine Flamme von der gewöhnlichen Helligkeit einer Talgkerze $\frac{1}{6}$ ℔. schwer zu geben [1], indefs rechnet man bei der Gasbeleuchtung im Mittel 5 Cub. F. engl. als das Aequivalent einer solchen Kerze [2]. Fischthran dagegen, und das aus der Destillation der Steinkohlen gewonnene Theer geben das Pfund 10 bis 15 Cub. F. Gas, oder nach Congreve 1 Gallon 100 Cub. F. [3], dessen Flamme bedeutend heller ist, so dafs man davon nur etwa den dritten Theil für eine gleich starke Erleuchtung als mit Steinkohlengas bedarf. Die Weite der Röhrenmündung für eine solche Flamme beträgt fast 0,5 Lin. engl., und der Erfahrung nach ist der Druck von 1 Z. Wasser hinreichend, um dem Gase die erforderliche Geschwindigkeit des Ausströmens zu geben, darf aber in keinem Behälter die Gröfse von 12 bis 14 Z. übersteigen, wenn der Druck nicht die Vorrichtungen, namentlich die Lutirung der Retorten beschädigen soll. Man mifst daher die Spannung des eingeschlossenen Gases sehr leicht an einem irgendwo am Gasometer oder an den Leitungsröhren angebrachten Wasserbarometer, bei welchem die ungleiche Höhe des Wasserstandes Fig. 168. in beiden Schenkeln oder die Differenz zwischen a und α die erforderliche Gröfse nicht übersteigen darf. Obgleich aber ein solcher constanter Druck durch den Gasbehälter selbst vermittelst

1 Nach Anderson in Edinb. Phil. J. XXIII. 171. geben 323,5 Cub. Z. aus der Perth. Kohlengasfabrik in 1 Stunde so viel Helligkeit, als ein sechster Unschlittlicht.

2 Congreve in Ann. of Phil. V. 412. Andere verschiedene Angaben s. Tabor a. a. O. II. 506.

3 Ebend. p. 424.

einer der angegebenen Vorrichtungen wohl zu erhalten wäre, und in vielen Fällen auch wirklich erhalten wird, so hat man ihnen doch wegen ihrer Gröſse dieses nicht allein anzuvertrauen gewagt, sondern andere Regulatoren construirt, unter denen der von Clegg angegebene einer der sinnreichst construirten ist[1].

Fig. 169. A A B B ist eine offene, oder zur Verminderung des Verdunstens bedeckte Cisterne, in welcher die unten verschlossene, aber zum Ablassen des sich etwa ansammelnden Wassers mit einem Hahne g versehene Röhre ff herabgeht. In der Cisterne schwimmt vermöge eines gehörig angebrachten Schwimmkranzes und nachher aufgelegter Gewichte der Gasbehälter C, welcher durch Gewichte so regulirt wird, daſs das in ihm befindliche Gas nach der Anzeige des Barometers k um die erforderliche Druckhöhe (etwa 1 Z. Wasser) comprimirt ist. Zur Erhaltung der horizontalen Lage bewegt sich dieser vermittelst durchlöcherter Bleche r, r, r, r an 3 oder 4 eisernen Stangen pq, pq, und hat einen gewölbten Deckel, damit das Wasser nicht in die Röhre ff treten kann, auch läſst sich anfangs die darin befindliche atmosphärische Luft durch die mit der Schraube n verschlieſsbare Oeffnung wegschaffen. In dem gewölbten Deckel bewegt sich vermittelst einer Lederbüchse luftdicht die durch eine Schraube an dem auf verschiedene Höhen feststellbaren Träger w w befestigte Stange h, welche an ihrem unteren Ende das in die Oeffnung m m eingeschliffene, beträchtlich lange Kegelventil l trägt. Ist dieses für einen bestimmten Zufluſs von Gas einmal regulirt, so wird es bei stärkerer Spannung die Oeffnung mehr schlieſsen, bei schwächerer mehr öffnen, indem in jenem Falle der Gasbehälter höher steigt, bei dieser tiefer herabsinkt, und man wird auf diese Weise eine stets gleichmäſsige Strömung erhalten. Solche Regulatoren, welche bei ihrer Kleinheit genau gearbeitet seyn können, und noch obendrein eine gefällige Form zulassen, befinden sich zuweilen in jedem Stockwerke groſser Gebäude, und dienen dazu, die Stärke und Schwäche der verschiedenen geforderten Beleuchtung zu reguliren.

Aus den Gasometern wird das Gas durch Röhren an den Ort seines Verbrauches geleitet. Rücksichtlich auf die absolute

1 Man findet ihn in den angegebenen Werken von Accum und Tabor ausführlich beschrieben.

Weite derselben haben die Erfahrungen ergeben, dafs solche, welche 6 Z. im Durchmesser halten, hinreichend sind, um auf eine Strecke von 2000 F. 3000 Cub. F. Gas für jede Stunde zu führen, und es läfst sich daher im Allgemeinen annehmen, dafs Röhren von 0,25 bis 18 Z. Durchmesser die nöthigen Bedürfnisse umfassen [1]. Die freie Strömung wird indefs gehindert, wenn die Röhren vorzüglich in zu spitzen Winkeln gebogen sind. Um diesem zu begegnen, bringt man lieber kleine Behälter an, in welche das Zuleitungsrohr und das Ableitungsrohr zugleich münden. Auch wird die Strömung in die lothrecht aus den Hauptröhren aufsteigenden engen Röhren leicht durch das schnellere Fortströmen in jenen gröfseren gehindert, weswegen man die kleineren in die gröfseren mit einer gegen die Strömung gerichteten Oeffnung zu senken pflegt. Ferner hat man bei der Anlage der Röhren zugleich die Ausdehnung durch wechselnde Temperatur zu berücksichtigen, desgleichen dafs einiges in denselben durch Abkühlung niedergeschlagenes Wasser und Theer gehörig gesammelt werden könne. Für beides werden an einigen Stellen die sogenannten Theerbrunnen angelegt, bei denen a und b Fig.
die in luftdichten Oeffnungen etwas verschiebbaren Enden des 170.
Zu- und Ableitungsrohres sind, c aber eine oben bei d zugeschraubte Röhre, auf welche so oft als es erforderlich ist, eine Pumpe geschraubt und die angesammelte Flüssigkeit herausgesogen wird. Weil aufserdem lange Röhrenleitungen leicht irgendwo Schaden leiden, welches bei Tage durch das Sinken der Regulatoren, bei Nacht durch das schwächere Brennen oder Erlöschen der Lichter beobachtet wird, so ist zur leichteren Auffindung des Schadens erforderlich, die Leitung in kürzeren Zwischenräumen schliefsen zu können. Bei den kleinen Röhren geschieht dieses durch gewöhnliche Hähne, bei den gröfseren würden diese aber gegen 100 ℔. wiegen, und daher zugleich sehr kostbar und unbeweglich seyn. Unter den verschiedenen Vorschlägen zur Sperrung ist daher einer der leichtesten und sichersten die Anwendung der blofsen Klappe. A B ist ein Parallel- Fig.
epipedon von doppelter Höhe gegen seine Breite, a und b sind 171.
das Zuleitungs- und Ableitungsrohr, e e ist eine in der Mitte rund oder quadratisch ausgeschnittene Platte, gegen welche die

1 Eine Tabelle über die Weiten der Röhren und die Gasmengen, welche sie leiten, findet man bei Tabor a. a. O. II. 365.

Klappe f durch einen Ring von Filz oder Leder *a a* vermittelst der Winde g luftdicht gepreſst werden kann. Die Walze g, welche in Lederbüchsen quer durch das Gefäſs luftdicht geht, könnte auch in der Erde liegend vermittelst eines hervorragenden vierseitigen Zapfens und eines dazu passenden Schlüssels aufgewunden werden, wenn zugleich ein Sperrhaken und ein gezahntes Rad zum Festhalten des Mechanismus äuſserlich angebracht wäre.

Auf welche Weise die kleinen Zuleitungsröhren an die groſsen angebracht werden, ist schon oben angegeben. An die äuſseren Mündungen von diesen, wo die Flamme brennt, werden die mannigfaltigsten Verzierungen angebracht, und die Flammen brennen zuweilen in den verschiedensten Richtungen und Formen. Für die gröſsere Erhellung ist es vortheilhaft, die Mündungen nach Auſsen etwas zu erweitern. Bei einfachen, gewöhnlichen Flammen sind die Oeffnungen rund, man hat aber auch flache, nach Art der Alströmer'schen Dochte und einen Cylinder einschlieſsende nach Art der Argand'schen Lampen, wobei fast allezeit ein Kranz von 10 bis 12 kleinen, 0,2 Lin. weiten, Löchern den Lichtcylinder bildet, die Lichtstärke aber in einem gröſseren Verhältnisse gegen eine einfache Flamme zunimmt, als in dem der gröſseren verbrennenden Gasmenge. So erforderte z. B. nach Brande [1] eine einzelne Lichtflamme 640 Cub. Z. Gas in einer Stunde, 12 kleine vereinte Flammen aber, welche eine zehnfache Helligkeit gaben, nur 2600 Cub. Z.

Wenn die Zusammendrückung des Leuchtgases stets gleichbleibend ist, so wird die Gröſse der Flamme bloſs von der Weite der Brennmündung abhängen. Soll dann die Flamme stets gleichmäſsig brennen, so darf jene Mündung nur eine unveränderliche Gröſse haben. Inzwischen muſs im Allgemeinen jede Brennmündung ihren eigenen Hahn haben, welchen man öffnet, wenn die Flamme angezündet werden soll, und wieder verschlieſst, sobald als die Flamme erlöscht, schon deswegen, damit nicht das unverbrannt ausströmende Gas einen äuſserst widrigen Ge-

1 Tabor a. a. O. II. 476. Dort sind auch die mancherlei Formen und Verzierungen ausführlich beschrieben, welche man den Brennröhren giebt, worüber ich hier nicht ins Einzelne eingehen kann. Nimmo in Edinburg hat auch eine Brennmündung angegeben, welche durch das Ausströmen des angezündeten Gases rotirt, und einen leuchtenden Kreis bildet. S. Edinb. Phil. Journ. XXVIII. 325.

ruch verbreitet. Dafs man aber vermittelst dieses Hahnes auch die Quantität des ausströmenden Gases reguliren könne, indem man ihn mehr oder weniger öffnet, versteht sich von selbst. Wenn indefs mehrere Brennröhren aus einem gemeinschaftlichen Behälter gespeiset werden, so kann man auch alle diese Flammen zugleich vergröfsern oder verkleinern, wenn man den Hahn jenes Behälters mehr oder weniger öffnet. Eine solche Regulirung der einzelnen Flammen ist nur in Wohnungen anwendbar, bei städtischen Beleuchtungsanstalten dagegen, in Theatern und öffentlichen Gebäuden müssen die Hähne der Zeitersparnifs wegen völlig geöffnet werden, und eine Regulirung ist nur im Ganzen durch stärkere oder schwächere Compression des Gases, und davon abhängige stärkere oder schwächere Ausströmung möglich. Hierbei findet auch nur im Grofsen eine Controle statt, wie grofs die Quantität des verbrauchten Gases ist; wenn dagegen das Gas aus den Magazinen in die vielen Privatwohnungen vertheilt wird, deren Inwohner sich die Freiheit nicht wohl nehmen lassen, nach den Umständen bald mehr bald weniger Gas zu verbrauchen, so hat für diese Fälle Clegg einen sehr sinnreichen Apparat ausgedacht, vermittelst dessen die Gascompagnie jederzeit die Menge des verbrauchten Gases genau bestimmen kann. Für einen lothrechten Durchschnitt dieser schon an sich interessanten Maschine ist AAA ein hohler, luftdich- Fig.
ter Cylinder von solcher Dimension, als die Bestimmung des 172.
Apparates erfordert. Dieser wird bis etwa zur Höhe der Linie mm mit Wasser gefüllt. In diesem hohlen Cylinder befindet sich ein anderer, gleichfalls hohler BBBB dessen krumme Oberfläche vier mit seiner Axe parallele Einschnitte $\beta\beta\beta\beta$ hat, wobei seine hierdurch zerschnittenen Theile in ihrer ganzen Länge durch die eingesetzten krummen Bleche ffff getragen werden, dennoch aber zusammenhalten müfsten, wenn nicht die äufsersten Enden aller dieser Bleche an zwei Scheiben luftdicht befestigt wären, so dafs das Ganze wiederum einen in dem äufseren beweglichen Cylinder bildet, deren Axen zusammenfallen. Die eine dieser geraden Endflächen des inneren Cylinders ist in der Mitte durchbohrt, und bewegt sich um das durch den äufsern Cylinder eintretende Zuleitungsrohr des Gases wie um eine Axe, die andere hat einen massiven, durch die gerade Fläche des äufseren Cylinders vermittelst einer wasserdichten Stopfbüchse durchgehenden, mit einem Getriebe versehenen Stift, der ganze

innere Cylinder BBBB endlich wird empirisch so abgeglichen, dafs er beim Umdrehen um seine Axe in jeder Lage ruhet. Wird der ganze Apparat mit Wasser gefüllt, darauf etwas Gas zugelassen und dem Wasser auf irgend eine Weise ein Abflufs verstattet, bis es etwa zur Tiefe von m m herabsinkt, und dann das Ganze wieder verschlossen, so mufs bei der Oeffnung des Ableitungsrohres d und der Oeffnung des in der Mitte des inneren Cylinders mündenden Zuleitungsrohres das Gas blofs durch die Oeffnung α' ausströmen, das Wasser aus dem Raume a verdrängen, wodurch vermöge des ungleichen hydrostatischen Druckes diese Abtheilung in die Höhe steigen wird, bis die Oeffnung β' in die Lage von β kommt, und das Gas in den äufsern Raum strömen kann. In diesem Augenblicke kommt die Oeffnung α' in die Lage von α und wird verschlossen, so dafs also eine fortdauernde Umdrehung entstehen mufs; und die Zahl der Umläufe, mithin auch die der wechselnden Füllungen und Entleerungen der einzelnen Räume, durch das Getriebe der durch die gerade Fläche des äufsern Cylinders durchgehenden Axe vermittelst eines Uhrwerks gemessen werden kann. Aus dem bekannten Inhalte des Gasmessers kann also die Menge des erhaltenen oder abgegebenen Gases zur Controle der Arbeiter oder der Verkäufer genau gemessen werden, indem die Zeiger des Uhrwerks, wodurch diese Messung geschieht, sich in einem durch eine Glastafel verschlossenen Raume bewegen, zu welchem nur der die Controle führende die Schlüssel hat.

Als Material zu den Röhren schlägt Tabor[1] Gufseisen und Kupfer vor. Insofern sie von letzterem Metalle ungleich dünner gearbeitet werden können, und das alte Metall immer noch einen bedeutenden Werth hat, würde man diesem sogar überhaupt den Vorzug einräumen können, allein für die grofsen, langen, auf weite Strecken im Boden fortlaufenden Röhren darf man wegen der Kostbarkeit der ersten Auslage dem Gufseisen den Vorzug geben. Dagegen wird für die kleineren Röhren, welche in den Häusern und selbst in den Wänden hinaufgehen, Kupfer gewählt werden müssen, schon deswegen, weil den Röhren von diesem Metalle so leicht jede erforderliche Biegung gegeben werden kann. Auch die äufsersten Enden der Röhren, an deren Mündung die Gasflamme brennt, können von Kupfer

1 S. a. a. O. II. 871.

verfertigt werden, wo nicht besser von Messing, indem dieses sich schöner abdrehen, leichter mit Hähnen versehen läfst, und durch einen aufgetragenen Goldfirnifs eine gröfsere Eleganz erhält. Dagegen aber meint Congreve [1], die Leitungsröhren von Gufseisen und auch die kleineren Zuleitungsröhren und Brennröhren von Kupfer würden den Beobachtungen gemäfs zu leicht zerfressen. Wegen des vielfachen hieraus erwachsenden Nachtheils schlägt er daher vor, zu den gröfsern Blei zu nehmen, und sie in eine dichte Lage Thon zu legen, zu den kleineren aber Zinn, welches dieser Gefahr nicht ausgesetzt ist. Dafs das Zinn nicht zerfressen werde, ist wohl richtig, allein ob es bei seiner Biegsamkeit hinlängliche Stärke kabe, insbesondere aber durch die Hitze der Flamme an den Mündungen der Brennröhren nicht schmelze, getraue ich mir nicht zu entscheiden; auf allen Fall fordert Tabor bei seiner gründlichen Kenntnifs der Sache, dafs die Brennröhren hart angelöthet seyn sollen, um der Gefahr eines Abschmelzens durch Hitze zu entgehen.

VI. Beschaffenheit der aus verschiedenen Stoffen erhaltenen Gasarten.

Eine genaue Bestimmung der Beschaffenheit und Zusammensetzung der zum Erleuchten verwandten Gasarten kann hier nicht mitgetheilt werden, insofern dieses in die Chemie gehört, hier aber blofs von der Qualität des fabrikmäsfig gewonnenen und gereinigten, zum Erleuchten bestimmten Gases, seiner Leuchtkraft und vortheilhaften Anwendbarkeit die Rede seyn darf. In dieser Beziehung ist schon obeu angegeben, dafs das aus Holz gewonnene Gas im Allgemeinen zur Erleuchtung nicht geeignet ist, und selbst das aus harzigem Kienholze erhaltene wird man daher zu diesem Zwecke nicht verwenden, wenn man es nicht als Nebenproduct benutzen kann. Es genügt daher nur die zwei Gasarten, nämlich das *Steinkohlengas* und das sogenannte *Oelgas* zu berücksichtigen.

Ueber die verschiedenen, zum Erleuchten anwendbaren Gasarten, welche im Allgemeinen aus kohlenstoffhaltigem Wasserstoffgas von ungleichen quantitativen Verhältnissen des Antheils an Kohlenstoff bestehen, sind viele ältere und neuere Untersu-

1 Ann. of Phil. V. 418.

chungen vorhanden [1], welche sich vorzüglich auf eine Vergleichung der verhältnifsmäfsigen Leuchtkraft beider beziehen. Als allgemeines Resultat geht hieraus unverkennbar hervor, dafs die Weifse und Helligkeit des Oelgases die des Steinkohlengases um ein Vielfaches übertrifft. Dennoch aber wird letzteres durch ersteres namentlich in England nicht ganz verdrängt werden, wo Steinkohlen von vorzüglicher Güte leicht im Ueberflufs zu haben sind. Die Ergiebigkeit der Steinkohlen an gutem, hellbrennendem Gase ist sehr verschieden. Einige derselben geben die Tonne 7000 Cub. F. Gas, andere, insbesondere die schwefelkieshaltigen, sind für diesen Zweck die schlechtesten; am brauchbarsten dazu sind die sogenannten *candle-coals*, welche die minder wohlhabenden Einwohner früher als Lichter brannten. Man erhält aus ihnen von der Tonne 12000 Cub. Fufs hell brennendes Gas [2]. Andere genäherte Angaben sind schon oben mitgetheilt, und wenn man berücksichtigt, dafs die nach der Gasbereitung übrigbleibenden Coaks die angewandten Steinkohlen an Volumen übertreffen und zum Brennen für manche Zwecke noch geeigneter sind, so wird man sie an solchen Orten, wo sie in hinlänglicher Menge und von der erforderlichen Güte zu haben sind, sicher mit Vortheil zur Gasbeleuchtung verwenden können. An Oertern dagegen, wo keine vorzüglich gute Steinkohlen zu haben sind, fällt ein entschiedener Vortheil auf die Seite des Oelgases [3].

Nach den meisten darüber vorhandenen Angaben hat übrigens das *Oelgas* nicht blofs einen relativen, sondern auch wohl einen absoluten Vorzug vor dem Kohlengas, obgleich die Bereitungsanstalten des letzteren keineswegs verdrängt werden, und die Unternehmer solcher Anlagen zur Beleuchtung grofser Städte auf dem Continente, ohngeachtet dort die guten Steinkohlen schwieriger zu erhalten sind, sich bis jetzt noch ausschliefslich auf Steinkohlengas beschränken. Indem aber über den Vortheil der einen oder der andern Anlage nur eine auf die örtlichen Bedingungen gestützte genaue Berechnung entscheiden kann, so begnüge ich

1 Vergl. unter andern Berthollet in Mém. de la Soc. d'Acueil II. Thomson bei G. XXXIV. 390. Henry in Phil. Trans. 1821. 136. Herapath in Phil. Mag. and Journ. 1823. June p. 424. Elliot ebend. p. 401. Ferry in Revue encyclop. 1824. p. 12 und 497.

2 Dewey in Ann. of Phil. New Ser. VI. 401.

3 Vergl. Christison und Turner in Edinb. Phil. Journ. XXVIII. 34.

mich hier einige der wichtigsten Urtheile und Zeugnisse über diesen Gegenstand beizubringen. Nach Dewey [1] ist das specifische Gewicht von Kohlengas = 0,4069, von Oelgas aber 0,9395, das der atmosphärischen Luft = 1 gesetzt, und es geben von jenem 4,85 Cub. F., von diesem 1,37 Cub F. gleiche Helligkeit. Phillips und Faraday dagegen fanden bei einer Sorte Kohlengas mit Oelgas verglichen die spec. Gew. von jenem =0,4291, von diesem = 0,9675, die Helligkeiten aber wie die andern 1 und 3,567; bei einer anderen Sorte aber die spec. Gew. = 0,4069 und 0,9395, die Helligkeiten aber = 1 und 3,541. Die Angaben von Thomson [2] über Gasarten aus zwei verschiedenen Fabriken stimmen hiermit vollkommen überein.

Insbesondere räumt Preuss dem Oelgase einen entschiedenen Vorzug vor dem aus Steinkohlen gewonnenen ein [3]. Sind beide im Zustande ihrer erforderlichen Reinheit, wonach jenes ein spec. Gew. = 0,9395, dieses aber = 0,4069, das der atmosphärischen Luft = 1 gesetzt, haben soll, so giebt 1 Cub. F. von jenem eben so vieles Licht, als 3,5 Cub. F. von diesem. Hieraus entspringt aber hinsichtlich der Gasometer, der Röhren und selbst der Arbeiter eine bedeutende Ersparnifs, besonders wenn man berücksichtigt, dafs die gesammten Apparate auch den Sommer hindurch erhalten werden müssen, wenn der eigentliche Gasverbrauch oft bis auf 0,1 des im Winter erforderlichen herabsinkt. Dieses soll dann auch in Anschlag gebracht werden, um den Preis des allerdings viel theurern Oeles zu compensiren. Hierzu kommt die grofse Hitze, welche durch das Steinkohlengas im Verhältnifs der verbrauchten Menge erzeugt wird, und dafs das Oelgas wegen der gröfseren Intensität des Lichtes sich allein zum Comprimirtwerden in Gefäfsen eignet. Der wechselnde Preis des Oeles kommt nach ihm weniger in Betrachtung, weil zur Fabrication des Oelgases schlechtes Oel, im Preise von 47 Franken das Hektoliter gebraucht werden kann, während die Argand'schen Lampen gereinigtes im Preise

1 Ann of Phil. New Ser. VI. 401. Daraus in Kastner's Archiv II. 245. Es befinden sich dort verschiedene Nachrichten über die Gasbeleuchtung. Das hier überall von dem in London bereiteten Gase angegebene geringe spec. Gew. ist sehr beachtenswerth, weil später ganz andere Angaben vorkommen werden.

2 Ann. of Phil. New Ser. VI. 404.

3 Phil. Mag. LXVI. 203. Daraus bei G. LXXVI. 113

von nahe 57 Franken bedürfen. Wegen der vielen Nebenbedingungen, denen das Brennen der Argand'schen Lampen unterliegt, ist es erklärlich, daſs 100 Pfund rohes Oel in Gas verwandelt, auf die Art, wie dieses durch Taylor und Martineau in London geschieht, eben so viel Licht geben sollen, als 130 bis 150 Pfund auf einer Argand'schen Lampe verbrannt, und bei einem Versuche, von Clément, Desormes und Preuss in London angestellt, erforderte eine neue Pariser Argand'sche Lampe 318 Pfund Oel, um gleiche Helligkeit zu geben, als Gas aus 100 Pfund bereitet, ein fast unglaubliches Resultat. Anderson [1] dagegen giebt an, daſs die Leuchtkraft des vorzüglich guten Kohlengases der Perth-Gasfabrik sich zu der des Oelgases wie 1 zu 1,5 verhält. Nach seiner Berechnung giebt 1 Gallone Oel 100 Cub. F. Gas, 40 Pfund Kohlen aber geben 160 Cub. F., wonach der Preis von jenem bei gleicher Leuchtkraft sechsmal gröſser ist [2]. Nicht viel höher wird das Verhältniſs der Leuchtkraft beider Gasarten durch Leslie und Fife gefunden, welcher letztere diesem Gegenstande eine ausführliche Untersuchung gewidmet hat [3], wie dieses in noch gröſserem Umfange schon früher durch Brande [4] geschehen ist. Ricardo [5] dagegen will jenes Verhältniſs = 1 zu 4 gefunden haben, und berechnet hiernach, daſs das Oelgas noch wohlfeiler zu erhalten sey, als Steinkohlengas. Um indeſs über diese allerdings sehr wichtige Frage nicht allzuweitläufig zu seyn, theile ich nur in der Kürze diejenigen Resultate mit, welche Christison und Turner durch eine ausführliche Untersuchung dieses Gegenstandes gefunden haben [6]. Nach einer Zusammenstellung vondiesen wurde das Verhältniſs der Leucht-kraft beider Gasarten gefunden

Nach Brande . .	= 1 : 2,50	Nach Dewey . .	= 1 : 3,50
Nielson .	= 1 : 2,25	Fife . . .	= 1 : 1,50
Herapath, Rootsey	= 1 : 2,40	Leslie . .	= 1 : 1,50
		Dalton . .	= 1 : 2,25
Phillips, Faraday .	= 1 : 3,50	Ricardo .	= 1 : 4,00

1 Edinb. Phil. Journ. XXIII. 171.

2 Ebend. XXIV. 386.

3 Ebend. XXI. p. 171. XXII. p. 367. Vergl. Dingler Polyt. J. XV. 104.

4 Phil. Trans. 1820. 1. ff.

5 Ann. of Phil. New. Ser. I. 209, 300 u. 383.

6 Edinb. Phil. Journ. XXVIII. 1. ff.

die Ursache dieser grofsen Abweichungen liegt sehr einfach in der ungleichen Beschaffenheit der verglichenen Gasarten, indem sich ganz andere Resultate herausstellen müssen, wenn das schlechteste Oelgas mit dem besten Steinkohlengase verglichen wird, als im umgekehrten Falle. Dafs aber solche Verschiedenheiten wirklich vorhanden sind, beweiset das sehr ungleich gefundene spec. Gew. beider Gasarten, woraus ein ungleiches Mischungsverhältnifs derselben nothwendig folgt. Aus zwei Reihen von genauen Versuchen, welche Christison und Turner mit zwei Gasarten anstellten, deren spec. Gew. sie = 0,578 und 0,910 fanden, erhielten sie jenes Verhältnifs = 100 zu 223,5 und 100 zu 217, woraus im Mittel nahe 1 zu $2\frac{1}{4}$ folgt. Dieses Verhältnifs, welches zwischen allen angegebenen so ziemlich die Mitte hält, kann füglich als ein mittleres angenommen werden, wobei dann die äufsersten Grenzen hauptsächlich auf der geringen oder vorzüglichen Güte des Kohlengases beruhen. Letzteres ist nach der Angabe der genannten Gelehrten so viel besser, je gröfser sein spec. Gew. ist, welches bis 0,700 steigen kann, aus schlechten Kohlen bereitet aber nicht über 0,450 hinausgeht, und von dieser Art ist namentlich das in London bereitete, wefswegen auch dort die Oelgasfabriken füglich und selbst mit Vortheil bestehen können, weil die besten, nämlich die Kannel-Kohlen daselbst kaum zu haben sind. Das Oelgas dagegen ist überall ziemlich gleich und soll im Mittel ein spec. Gew. von 0,920 haben, vorausgesetzt, dafs es gut bereitet wird, weil es im entgegengesetzten Falle selbst bis zu einem spec. Gew. von 0,660 herabsinken kann [1].

So viel wird hinreichen, um eine Uebersicht von einer Sache zu geben, welche seit mehreren Jahren vieles Aufsehen gemacht hat und noch gegenwärtig macht. Nun endlich noch die Frage zu beantworten, ob und in welchem Verhältnifs diese Beleuchtungsart der sonst üblichen durch Oel oder Unschlitt vorzuziehen sey, ist eine sehr schwierige Aufgabe. Was zuvörderst die Art und Schönheit beider Erleuchtungsarten betrifft, so fällt der Vorzug ganz entschieden auf die Seite der Gaslichter, denn schon die Flamme des guten Steinkohlengases übertrifft jedes Kerzenlicht an Weifse, Sanftheit und Erhellung bei wei-

1 Berzelius giebt das spec. Gew. des Oelgases zu 0,9804 des Kohlengases zu 0,559 an. S. Weber's Gewerbekunde I. 517.

tem, die Flamme des besten Oelgases aber übersteigt in dieser Hinsicht jede Erwartung, und hat eine solche blendende Schönheit, daſs ihr hiernach ein entschiedener Vorzug eingeräumt werden muſs. Etwas ganz anderes aber ist die Rücksicht auf den Preis beider Beleuchtungsarten. In dieser Hinsicht hat das Neue allezeit einen groſsen Reiz, und man könnte bei dem Anblicke der so ausnehmend ins Groſse gehenden Vorrichtungen für die Bereitung, Aufbewahrung und Fortleitung dieser Gase leicht auf den Gedanken gerathen, daſs theils die Vorliebe für eine neue Erfindung, theils die Schönheit des Eindrucks, welchen eine solche Beleuchtung macht, die höheren Kosten übersehen mache. Dabei dürfte man immerhin annehmen, daſs in solchen Gegenden, wo gute Steinkohlen leicht und wohlfeil zu haben sind, man sich derselben mit Vortheil zur Bereitung des Leuchtgases bedienen könne; wie es aber möglich sey, daſs man ohne bedeutend gröſseren Kostenaufwand das Oel durch so kostspielige Operationen und Apparate erst in Gas verwandele, um es auf diese Weise zu verbrennen, und dieses Letztere nicht unmittelbar durch einen Docht bewerkstellige, dieses scheint in der That unbegreiflich. Wirklich haben sich auch verschiedene Gelehrte gegen ein solches Resultat erklärt, insbesondere Clément, welcher die durch Gengembre sehr empfohlene Gasbeleuchtung mit Widerlegung der für dieselbe vorgebrachten Gründe gerade zu derjenigen Zeit sehr herabsetzte, als man in Paris mit einer Anlage für diesen Zweck lebhaft beschäftigt war. Nach seinen Berechnungen, welche übrigens das Ganze nicht bis in die Einzelnheiten vergleichbar zusammenstellen, würde selbst in London die Beleuchtung mit Steinkohlengas doppelt so theuer zu stehen kommen, als mit gewöhnlichem Oele, mit Oelgase aber die letztere um mehr als das Dreifache übersteigen [1]. Auch Vismara will durch eine lange Reihe von Versuchen, worin er die verschiedensten Oele und Fette in Gas verwandelte, und das hieraus erhaltene Licht mit dem durch ihre unmittelbare Verbrennung gegebenen verglich, zu dem Resultate gelangt seyn, daſs Ersteres auf allen Fall bedeutend theurer zu stehen komme [2]. Die Gründe des letzteren werden gröſstentheils durch Tabor vollständig beseitigt, und wenn es auf den ersten Blick

1 Journ. de Phys. XC. 150.

2 Aus Bibliotheca Italiana bei Tabor a. a. O. II. 559.

ganz unmöglich scheint, daſs bei so vielfachen erforderlichen Apparaten und Vorarbeiten dennoch die Beleuchtung mit Oelgase nicht theurer, geschweige denn sogar wohlfeiler seyn sollte als mit Oele, so läſst sich die Möglichkeit dieses anscheinend paradoxen Satzes allerdings darauf gründen, daſs das Oel beim gewöhnlichen Verbrennen durch den Einfluſs des Dochtes und einiger beigemischter Substanzen eine ungleich dunklere Flamme liefern könnte, als nach seiner Verwandlung in Gas, und wenn also seine Leuchtkraft hierdurch mehr als doppelt so groſs würde, die Kosten aber auf nicht mehr als seinen einfachen Werth sich beliefen, so würde jene Methode dennoch immer wenigstens einigen Vortheil gewähren. Wirklich findet gerade diese Voraussetzung um so mehr statt, je schlechter und dunkler brennend das zur Zersetzung verwandte Oel ist [1].

In dem gegenwärtigen Augenblicke kann die Frage, ob die Gasbeleuchtung Vortheil oder Schaden bringe, nicht füglich mehr aufgeworfen werden, da die Actionäre der Gasbeleuchtungsanstalten die Unternehmungen nicht bloſs seit mehreren Jahren fortsetzen, sondern noch stets erweitern, und selbst in Beziehung auf Oelgas liefert die groſse Anlage von Taylor und Martineau in London den factischen Beweis, daſs noch immer einiger Gewinn damit verbunden seyn muſs [2]. Es würde

1 Der Vorschlag des Amerikaners Olmsted, welcher später durch Aldini wiederholt ist, nämlich statt des Oeles die ölgebenden Früchte einer Destillation zu unterwerfen, scheint mir der Beachtung sehr werth. S. Brugnatelli Giorn. 1827. Marzo e Apr. S. 156.

2 Schon im Jahre 1825 waren in 52 Städten Groſsbritanniens 63 vom Parlamente privilegirte Gasgesellschaften, und die Actien der Leeds-Compagnie waren von 100 auf 235 gestiegen. Unter jenen sind 5 Oelgasgesellschaften S. Weber Gewerbekunde I. 515. Daſs Taylor u. Martineau in London ihr Einschuſskapital schon wieder gewonnen haben, und ihre Oelgasbereitung mit Vortheil fortsetzen, weiſs ich aus sicheren Mittheilungen. In dem Prospectus der Londoner tragbaren Gasbeleuchtungsanstalt wird auſserdem behauptet, daſs 6 Cubikfuſs des besten Oelgases eben so viel Licht geben, als 1 Pf. Wachskerzen. Die Oelgascompagnie von *White Chaptal Road* in London verkauft aber 1000 Cub. F. Oelgas für 50 slstl. und somit kosteten 6 Cub. F. oder das Aequivalent von 1 Pf. Wachslichtern nicht mehr als etwa 11 xr. rhein. oder 2, 4 gGr. Preuſs. Cour., welches auch auf das Doppelte erhöhet noch immer sehr wohlfeil seyn würde. S. Weber Gewerbekunde I. 533.

mir übrigens sehr angenehm seyn, wenn ich auch diesen wichtigen Theil der Untersuchung durch eine Berechnung der Kosten in mindestens sehr genäherten Werthen erschöpfend vortragen könnte, allein bei den örtlich zu sehr verschiedenen Preisen der erforderlichen Materialien ist dieses ganz unmöglich, und ich begnüge mich daher mit folgenden wenigen Bemerkungen.

Das Gaslicht ist auf allen Fall ein sehr schönes, ungemein helles, und sein freies Verbrennen ohne Docht, ohne Erfordernifs des Putzens, des Zugiefsens von Oel oder Fett und ohne die hiermit nothwendig verbundene Unreinlichkeit ist etwas sehr angenehmes. Die Regeln seiner Bereitung bis zur Verbrennung habe ich vollständig genug angegeben, so dafs daraus selbst die für einen gegebenen Zweck erforderliche Gröfse der Apparate leicht gefunden werden kann, wobei ich noch hinzusetzen will, dafs es vortheilhaft und in gewisser Beziehung fast nothwendig ist, die Oefen und Retorten unausgesetzt in ihrer Hitze zu erhalten, weil das abwechselnde Erkalten und Erhitzen viel Brennmaterial erfordert und Beschädigung herbeiführt. Ist es daher blofs darum zu thun, eine solche Anlage im Kleinen herzustellen, wobei es auf einen etwas gröfseren oder geringeren Kostenaufwand nicht ankommt, etwa bei einem Gartenhause oder einem kleineren, zur öffentlichen Unterhaltung bestimmte Gebäude, so werden die mitgetheilten Angaben hinreichen, um die Sache überhaupt zu beurtheilen und durch gewöhnliche Arbeiter ausführen zu lassen. Gröfsere Anlagen dagegen erfordern schon einen Sachverständigen, welcher durch Erfahrung belehrt ist, und andere Anlagen gesehen hat. Zugleich hat jedoch Tabor sehr Recht, wenn er vor herumziehenden Künstlern warnt, denen bei einiger Empirie die Kenntnifs der dabei in Betracht kommenden physikalischen Gesetze gänzlich fehlt, und welche daher durch zweckwidrige Construction unnöthige Kosten verursachen. Dafs aber sehr ausgedehnte Anlagen, z. B. zur Beleuchtung ganzer Städte, nur durch eigentliche Sachkenner mit der erforderlichen Sicherheit ausgeführt werden können, liegt schon in der Natur der Sache [1].

1 Für jede Anlage, sey es im Grofsen oder im Kleinen, kann das oben angegebene Werk von Tabor theils zur Beurtheilung der Sache, theils zur Leitung und Herstellung des Ganzen mit Vortheil

Einige, namentlich Clément und Vismara haben unter den Gegengründen gegen die Gasbeleuchtung auch die Gefahr in Anschlag gebracht, welche daraus entstehen kann, dafs das Leuchtgas mit atmosphärischer Luft gemengt in Knallgas verwandelt werde, und bei der Entzündung eine furchtbare Explosion verursachen könne. Dafs so etwas möglich sey, kann nach theoretischen Gründen nicht in Abrede gestellt werden, auch weiset die Erfahrung einige Beispiele der Art auf. Weil indefs die Gasometer in der Regel und bei grofsen Anlagen allezeit im Freien und aufserhalb der Städte sich befinden, so ist von dieser Seite gar keine Gefahr zu befürchten, weil das entweichende Gas sich sogleich zerstreuet. Sollten aber kleinere eingeschlossene Gasometer etwas Gas ausströmen lassen, oder ein Hahn in einem eingeschlossenen Raume offen gelassen seyn, so wird das entweichende Gas, insbesondere das Steinkohlengas, durch seinen höchst widrigen Geruch augenblicklich so sehr kenntlich, dafs eine ganz unbegreifliche Nachlässigkeit dazu gehört, nicht sogleich nachzusehen, um dem Mangel abzuhelfen; und auch im Fall einer bedeutenden Ausströmung ist keine Gefahr zu befürchten, wenn man vermeidet, dem entstandenen Knallgase ein Licht zu nähern. So viel geht indefs hieraus zugleich hervor, dafs die Schliefsungskrahnen den Muthwilligen, den Irren und Züchtlingen in Zwangsanstalten, Kindern, Betrunkenen und sonstigen unbesonnenen Menschen nicht frei zugänglich seyn dürfen. Uebrigens hat man bei hinlänglich schliefsenden Apparaten und bei genügender Vorsicht, dafs eine zufällig erloschene Flamme sogleich wieder entzündet werde, von einem verbreiteten widrigen Geruche nichts zu befürchten, indem das vollständig verbrannte Gas nicht riechbar ist, und aufserdem erlöschen die Flammen nicht leicht oder gar nicht, aufser durch heftigen Luftzug, wogegen sie durch eine schützende Glasglocke gesichert seyn müssen, und wenn etwa bei sehr heftiger Kälte die engen Röhren durch einen Niederschlag aus dem Gase verstopft werden. Um indefs dem Ausströmen des Gases aus einem

benutzt werden, weil die darin enthaltenen Angaben eben so vollständig als zuverlässig sind. Von den seitdem geschehenen Vorschlägen zur Verbesserung des einen oder des andern habe ich das mir nützlich scheinende aufgenommen, die meisten sind indefs der Beachtung kaum werth.

zufällig nicht verschlossenen Krahne zu begegnen, hat C. Jennings[1] eine Vorrichtung angegeben, welche bewirkt, daſs der Krahn in diesem Falle sich selbst schlieſst. Weit zweckmäſsiger ist indeſs ein anderer Vorschlag dieser Art von W. Warden, welcher für diesen sogenannten *Safety Gas Burner* die
Fig. silberne Medaille erhalten hat[2]. Den unteren Rand der Flamme
173. umgiebt ein Reif aus Messing und Stahl oder aus zwei andern
u. 174. Metallen, welche sich durch Wärme ungleich ausdehnen[3]. Dieser Reif a b, welcher an einer Seite offen ist, wird durch die Hitze der Flamme ausgedehnt, verschlieſst dann durch stärkere Ausdehnung des äuſseren Theiles des Reifes die Oeffnung zwischen den beiden hervorstehenden und umgebogenen Theilen b c, und hält somit den Draht e d fest, welcher vermittelst der Hebelarme e f, f g mit dem Krahne g verbunden ist. Soll das Gaslicht angezündet werden, so hebt man den Draht e d in die Höhe, bis er zwischen den Flügeln b c festgehalten wird, und wenn die Flamme zufällig erlöscht, so erkaltet das Metall sehr schnell, die beiden Flügel lassen den Draht los, dieser sinkt herab, und der Krahn wird durch das Gewicht der Hebelarme verschlossen. Die Zweckmäſsigkeit des Apparats ist durch die Erfahrung bestätigt.

Es scheint mir überflüssig, noch diejenigen Apparate einzeln zu beschreiben, welche man vorgeschlagen hat, um für den Bedarf einzelner Familien das Leuchtgas im Kleinen zu bereiten[4]. Solche Vorrichtungen könnten nach der mitgetheilten Beschreibung der gröſseren Apparate leicht construirt werden, allein aus der Betrachtung der groſsen Hitze, welche das Oel zu seiner Zersetzung Bedarf, ergiebt sich leicht, daſs sie nicht füglich mit Vortheil hergestellt werden können. Dagegen wird es nöthig seyn, noch mit wenigen Worten einige Vorschläge zu würdigen, welche sehr nahe bei der Sache liegen, und daher

1 Newton's Journal of the Arts. IX. 179.

2 Edinb. Journ. of Sc. XIII. 125.

3 Zink und Stahl geben bekanntlich die gröſste Differenz der Ausdehnung.

4 Vorschläge hierzu findet man unter andern in Mech. Mag. Vol. I. Part. 2. p. 401. Vol. II. Part. X. p. 177. Description des Machines et Procedés specifiés dans les Brevets d'Invention cet. VII. 366.

auch wohl nicht füglich unterbleiben konnten. Die Bereitung des Oelgases ist nämlich nur ein etwas zusammengesetzterer Procefs als derjenige, welchen eine brennende Oellampe darbietet. Auch bei der letzteren steigt nämlich das Oel in dem haarröhrchenartigen Dochte in die Höhe, wird durch die Hitze der Flamme zersetzt und in Leuchtgas verwandelt, welches verbrennt, und hierdurch zugleich die zur Zersetzung des Oeles erforderliche Hitze und die Erleuchtung giebt. Aufserdem machen die *dochtlosen Lampen* oder die kleinen *Gas-Nachtlämpchen* ganz eigentlich einen Uebergang von den gewöhnlichen Lampen zu den Gaslichtern. Das Röhrchen, in welchem hierbei das Oel aufsteigt, mufs von Glas seyn, weil dieses als schlechter Wärmeleiter die erzeugte Hitze nicht durch Ableitung der Wärme vermindert, so dafs eine fortdauernde Zersetzung des Oeles erreicht werden kann. Durch das Anzünden der Oberfläche des Oeles in einer geringen Ausdehnung wird blofs diese glühend, dabei in Gas verwandelt, welches fortbrennt, und hierdurch zugleich die Oberfläche zur Erzeugung von neuem Oelgase bringt [1]. Dafs hierbei wirkliches Oelgas erzeugt werde, geht schon aus der ungewöhnlichen Helligkeit und Weifse der Flamme hervor, und wenn auf solche Weise die Flamme des Gases nach unten hin eine zur Zersetzung des Oeles hinlängliche Hitze giebt, so sollte man erwarten, dafs die Flamme des verbrannten Gases nach oben hin und unter günstigeren Bedingungen eine zur Zersetzung des Oeles und Umwandlung desselben in Leuchtgas genügende Hitze geben könnte, wodurch dann eine sich selbst speisende Gaslampe erhalten würde. Inzwischen läfst sich hierüber im Voraus schon Folgendes aus theoretischen Gründen festsetzen. Der Unterschied der stärkeren Leuchtkraft einer Oelgasflamme und des Lichtes einer Oellampe, welcher es möglich macht, dafs erstere ohngeachtet der kostspieligen Apparate zur Bereitung des Gases noch mit Vortheil neben letzterer bestehen kann, beruhet offenbar auf einer vollständi-

1 Poggendorf Ann. X. 624. Manche dieser interessanten kleinen Lämpchen werden dadurch unbrauchbar, dafs sich eine sehr harte Kohle im Gasröhrchen absetzt, und dieses verstopft. Ob durch einige Erweiterung des Röhrchens diesem Uebelstande begegnet werden könne, wage ich nicht zu entscheiden. Uebrigens wird dieser Umstand, und dafs sie gutes, reines Oel erfordern, ihrer Anwendung im Grofsen im Wege stehen.

gern Zersetzung des Oeles, wonach der Kohlenstoff, welcher in der Lichtflamme nur allmälig verglühet, und aus derselben an kalten Körpern unzersetzt niedergeschlagen wird, wie ein in die Flamme gehaltener Metalldraht zeigt, in dem Oelgase weit inniger mit dem Wasserstoff verbunden ist, daher ungleich vollständiger glühet und die stärkere Leuchtkraft der Flamme bewirkt. Wenn nun die Hitze der gewöhnlichen Lichtflamme nicht hinreicht, das in ihr selbst vermittelst des Dochtes aufsteigende Oel vollsändig zu zersetzen, so ist noch weniger zu vermuthen, daſs dieses durch eine eben solche Flamme geschehen werde, wenn diese auf das in irgend einem Behälter eingeschlossene Oel wirkt. Hiergegen läſst sich allerdings einwenden, daſs die Hitze der Flamme auf das Oel der Lampe nur nach unten wirkt, wo dasselbe durch den aufsteigenden kalten Luftstrom stets wieder abgekühlt wird, bei der vorgeschlagenen künstlichen Bereitung aber nach oben und folglich mit ihrer ganzen Intensität; wenn man aber dagegen berücksichtigt, daſs im letzteren Falle durch das Gefäſs, welches das zu zersetzende Oel einschlieſst, so wie durch die Zuleitungsröhre desselben und die Ableitungsröhre des Gases viele Wärme zurückgehalten, abgeleitet und zerstreuet wird, so muſs auf allen Fall eine solche Art der Bereitung des Oelgases durch einen möglichst zweckmäſsig eingerichteten Apparat geschehen, ohne daſs man dennoch eines genügenden Resultats völlig gewiſs seyn kann, womit auch die bisherigen Erfahrungen übereinstimmen. Inzwischen mag die nachfolgende Beschreibung dazu dienen, wenigstens vorläufig einen Apparat anzugeben, wodurch jene Wahrscheinlichkeit durch neue Versuche zur Gewiſsheit erhoben, oder wonach irgend eine zweckmäſsigere Vorrichtung ausgedacht werden kann, um die Sache, wo möglich, dennoch zu realisiren. Ein nicht genannter Erfinder [1] giebt folgende Beschreibung
Fig. 175. einer solchen sich selbst speisenden Gaslampe, *(self generating Gas lamp)*. Das Oelgefäſs A erhält sein Oel durch das mit einem Trichter versehene Rohr B, und damit durch das Abflieſsen des Oeles kein luftverdünnter Raum entstehe, ist aus dem Behälter C eine durch die punctirten Linien angedeutete Röhre L in das Gefäſs A geleitet. Der Raum C dient zur Be-

1 Edinb. Journ. of Sc. X. 344.

reitung des Gases, welches dann durch die Röhren G, G herabgeführt wird, unter den Gläsern F, F verbrennt, und durch seine in der Höhlung D concentrirte, und noch aufserdem durch den blechenen Schirm E zusammengehaltene Hitze aufs Neue Gas erzeugt. Wird nämlich der Hahn I geöffnet, so tröpfelt das Oel durch das Röhrchen K auf die mit schmalen horizontalen blechenen Ringen umgebene Wölbung D, wobei die Ringe dazu dienen, um das Abfliefsen des Oels auf den Boden des Gefäfses C zu hindern, und somit eine vollständigere Zersetzung zu bewirken. Soll die Maschine in Gang gebracht werden, so wird der eiserne, oder besser kupferne, Bolzen H glühend gemacht, und unter die Wölbung D gehalten, bis durch die mitgetheilte Hitze ein Theil Oel in Gas verwandelt ist, und beim allerersten Gebrauche mufs man zwei solcher Bolzen haben, um vorläufig die atmosphärische Luft auszutreiben.

Sollte diese allerdings sinnreich construirte Lampe wirklich gebraucht werden, so erfordert sie einige wesentliche Verbesserungen. Es kommt nämlich gar sehr darauf an, dafs die Quantität des zufliefsenden Oels gehörig regulirt werde, damit sie weder zu grofs noch zu klein sey, welches zwar durch die mehr oder minder vollständige Oeffnung des Hahns bei I geschehen kann, allein da man hierüber gar kein Mafs hat, auch in den Raum C nicht hineinsehen kann, so müfste der Hals der Urne A in das Gefäfs C eingeschmirgelt seyn, um sie herausnehmen, und das Gefäfs C ausleeren zu können. Wird aber aufserdem die Lampe ausgelöscht, so strömt das durch die nachbleibende Hitze noch erzeugte Gas aus, das im Behälter C zurückbleibende erkaltet, zieht sich zusammen, und es dringt atmosphärische Luft ein, welche beim Wiederanzünden der Lampe eine Explosion veranlassen kann, oder vorher wieder ausgetrieben werden mufs. Es ist aber fraglich, ob man nicht die beiden Röhren GG mit Hähnen versehen, und schliefsen könnte, um die Lampe auszulöschen. Das durch die nachwirkende Hitze erzeugte Gas möchte dann immerhin eine Compression bis zum vier- oder achtfachen der atmosphärischen Luft erhalten, so würde dann die beim Wiederanzünden anfangs stärkere Flamme dazu dienen, den Apparat sowohl zu erwärmen, als auch das Oel weiter zu zersetzen. Hiermit würde dann auch die grofse Unbequemlichkeit wegfallen, die Lampe allezeit mit dem eisernen Bolzen in Gang zu bringen, welches übrigens vielleicht be-

quemer durch eine oder einige Kerzen geschehen könnte. Der Erfinder behauptet übrigens, die Lampe liefere Gas genug, um drei Flammen zu speisen, welches ich gern glaube, denn ich bin ohnehin überzeugt, daſs des verhältniſsmäſsig geringeren Wärmeverlustes wegen die Vorrichtung eher in einem gröſseren als in einem kleineren Maſsstabe ausgeführt werden könnte.

Die Unbequemlichkeit der Anwendung des eisernen Bolzens wird durch einen anderen ähnlichen Apparat vermieden, welcher noch auſserdem den Vortheil hat, das etwa in zu geringer Quantität bereitete Oelgas durch einen Zusatz von Wasserstoffgas zu vermehren, und das beim Auslöschen der Lampe noch weiter entwickelte Oelgas aufzubewahren. Die Idee ist durch den Kunsthändler Albert in Frankfurt ausgeführt, von welchem ich ein Modell zur Beschreibung erhalten habe. Diese Lampe könnte mit einigen Verbesserungen vielleicht dazu dienen, die Sache zu realisiren, ob gleich die erste Ausführung noch zu unvollkommen ist, um das zu leisten, was man verlangt. Das Ganze gleicht einer gewöhnlichen Zündlampe, auch wird aus verdünnter Schwefelsäure und einer herabhängenden Fig. 176. Zinkstange Wasserstoffgas in dem unteren Behälter A bereitet, und durch die in das Gefäſs B hinaufgetriebene verdünnte Schwefelsäure gesperrt. Das Wasserstoffgas entweicht nach der Eröffnung eines Hahns bei α aus der lothrechten Brennröhre a, wird an deren Spitze angezündet, und spült unter den kleinen Behälter b, in welchen das aus der zur Ueberwindung des hydrostatischen Druckes der verdünnten Säure in B proportionirlich langen, und oben mit einem Trichterchen versehenen Röhre c d nach Oeffnung des Hahns bei β herabflieſsende Oel zersetzt wird. Das so bereitete Gas strömt durch die herabwärts gebogene Röhre e f g in das Gefäſs A, wird zur Reinigung vermittelst der Röhre h i durch die verdünnte Schwefelsäure geleitet, vermischt sich mit dem Wasserstoffgase in A, und strömt mit demselben gemeinschaftlich aus, um zu verbrennen, und wenn eben so viel Gas bereitet wird, als verbrennt, so muſs nach einiger Zeit fortdauernd bloſses Oelgas verbrannt werden. Bei dem hier beschriebenen Modelle ist übrigens die Gasflamme und der Behälter zur Gasbereitung offenbar zu klein, auch die Flamme viel zu wenig concentrirt, als daſs die Hitze zur Erzeugung einer hinlänglichen Menge Oelgas genügen sollte. *M.*

Gasometer.

Gazometer, Gasmesser, Luftmesser; *Gazometrum;* Gazomètre; *Gazometer.*

Dieser Name bedeutet zunächst ein Werkzeug, womit eine gewisse Quantität irgend einer Gasart oder Luft gemessen wird. Nach dem gegenwärtigen Standpuncte der Wissenschaft kann man annehmen, dafs es überhaupt dreierlei Arten von Gasometern giebt. Die erstere begreift die grofsen und kleinen Behälter in sich, welche zur temporären Aufbewahrung des zur Beleuchtung bereiteten Gases dienen: die zweite diejenigen Apparate, deren man sich seit Lavoisier zu bedienen pflegte, um gemessene Quantitäten Sauerstoffgas und Wasserstoffgas zu verbrennen, um gegen die frühere Annahme der Einfachheit des Wassers zu beweisen, dafs dasselbe aus diesen beiden Gasarten bestehe; die dritte endlich solche, meistens durch Wasser gesperrte Behälter, worin gemessene oder nicht gemessene Quantitäten irgend einer Luft- oder Gasart eingeschlossen und aufbewahrt werden, hauptsächlich um sie, wo möglich gleichmäfsig, aus demselben ausströmen zu lassen. Blofse Röhren oder kleine Behälter, welche übrigens ganz eigentlich zum Messen geringer Quantitäten von Gas bestimmt sind, pflegt man nicht mit dem Namen *Gasometer* zu bezeichnen, sondern nennt sie vielmehr *Mefsröhren, Mefswerkzeuge* oder schlechtweg Mafse.

Die zur ersten Classe gehörigen Gasometer, nämlich diejenigen, welche zur Aufbewahrung des Leuchtgases dienen, sind oben hinlänglich beschrieben [1], und können daher hier ganz übergangen werden. Bei weitem am bedeutendsten sind die Gasometer der zweiten Classe geworden, von denen auch ursprünglich die Bezeichnung dieses Namens ausging, und die grofse Reform in der Chemie, welche, durch Lavoisier begründet, das Phlogiston verbannte und die Zusammensetzung des Wassers aus zwei Gasarten vermittelst solcher Apparate bewies und anschaulich darstellte, verschaffte den letzteren eine grofse Celebrität, so dafs nicht leicht in den physikalischen oder chemischen Cabinetten ein nach der einen oder der andern der verschiedenen Angaben construirtes Exemplar fehlt. Gegenwärtig

1 S. Art. *Gasbeleuchtung.*

aber ist diese allerdings wichtige Entdeckung so vollständig bestätigt, mit so unzähligen anderen Phänomenen so innig verbunden, und so ganz eigentlich in das Gebiet der Chemie übergegangen, daſs eine genaue Beschreibung dieser Apparate der Physik nicht weiter angehört, weſswegen ich mich begnüge, bloſs das wesentlichste mitzutheilen, was zur Geschichte und Literatur diser Apparate gehört [1].

Der erste allgemein bekannt gewordene Apparat, welcher zur Erzeugung des Wassers aus dem Verbrennen eines Gemenges von Sauerstoffgas und Wasserstoffgas diente, wurde nach 1783 von Lavoisier und Meusnier gebraucht [2], bestand aus einer Art von Cylindergebläse, war aber sehr complicirt, und kostete 1800 Franks. Es geschahen daher viele Vorschläge, das Instrument theils wohlfeiler, theils bequemer zu machen. Unter andern gab sich van Marum viele Mühe, den Mechanismus vortheilhafter herstellen zu lassen; er änderte daher seine zuerst angegebene Maschine [3] später in verschiedenen Stücken wieder ab [4], und sie gehört daher mit unter die zweckmäſsigst construirten, die es giebt. Dem von Lavoisier am nächsten nachgebildet ist dasjenige Gasometer, welches Dumotier in Paris für v. Hauch in Kopenhagen um den dritten Theil des Preises verfertigte, den Lavoisier's Apparat gekostet hatte [5]. Noch einfacher ist indeſs der Apparat, welchen Cuthbertson [6] sich verfertigte, um die Erzeugung des Wassers aus den beiden Gasarten zu zeigen, und derjenige, dessen sich Fortin zu ähnlichen mit Lefevre angestellten Versuchen bediente [7]. Ungleich zusammengesetzter und künstlicher ist dagegen Seguin's Gasometer [8], und der einfache, mit genügender Sicherheit anwendbare, zugleich nicht

1 Vgl. G. II. 185. Verschiedene hier nicht angegebene Gasometer, z. B. von Monge, von Desroches u. Berard u. a. sind beschrieben in Encyclopédie Method. T. III. p. 313.

2 Lavoisier Traité élém. de Chem. II. 342.

3 Gren's J. d. Ph. V. 154. Lichtenb. Mag. VIII. 2. 68.

4 Gren. VI. 3.

5 Physikalische, chemische, naturhist. Abhandl. aus d. neuen Samml. der Kopenh. Denksch. übers. von Scheel u. Degen. I. p. 1. Vrgl. Gren N. J. II. 1.

6 Nicholson's Journ. of Nat. Phil. II. 235.

7 Journ. de Ph. 1788. Dec.

8 Bulletin de la Soc. Phil. An. V. p. 75. Vrgl. G. II. 190.

kostbare Apparat, welchen J. T. Mayer [1] in Vorschlag brachte und wirklich ausführen liefs, verdiente daher zu seiner Zeit vorzügliche Aufmerksamkeit. Unter den übrigen vorgeschlagenen Constructionen nenne ich nur noch die von Fischer [2], von Voigt [3], von Tries [4] und von Steevens [5]. Am zweckmäfsigsten construirt, und zugleich Bequemlichkeit mit Sicherheit und äufserer Eleganz vereinigend ist das Gasometer, welches F. Parrot angegeben hat [6], wovon ich daher hier eine Zeichnung und Beschreibung mittheile. Dasselbe besteht aus zwei gleichen Behältern A, A (deren eins mit Aufopferung der äu- Fig.
fseren Schönheit am zweckmäfsigsten für die Erzeugung des 177.
Wassers aus Sauerstoffgas und Wasserstoffgas doppelt so grofs seyn könnte, als das andere), bestimmt zur Aufnahme der Gasarten. In ihnen befinden sich die Thermometer α, α, und oberhalb die Heberbarometer β, β. Jedes hat unten eine Schraube a, a, aus welcher das zur Füllung dienende Wasser ablaufen kann, deren Oeffnung aber so klein seyn mufs, dafs der Luftdruck den Abflufs ohne gleichzeitiges Einströmen der Luft von oben unmöglich macht. An der Seite dieser Gefäfse befinden sich graduirte Glasröhren γγ, γγ, welche oben und unten mit den Gefäfsen communiciren, und daher die Höhe des Wassers in denselben angeben, mithin auch den, durch vorhergegangene Messung bestimmten Cubikinhalt des darin befindlichen Gases, dessen Spannung durch die Heberbarometer β, β angegeben wird. Vermittelst der, oben in einen Trichter erweiterten Röhren δδ, δδ werden die Gefäfse mit Wasser gefüllt, durch die gekrümmten elastischen Röhren c, c aber mit Gas, während die Heberbarometer verschlossen sind, und das Wasser durch die Oeffnungen a, a abläuft. Die Verbrennung der Gasarten geschieht im Gefäfse B, indem der Strom des Wasserstoffgas ver-

1 J. T. Mayer descriptio machinae cet. Gott. 1800. 4. Auch in den Comm. Soc. Gott. von 1800.

2 Scherer's Journ. X. 301.

3 Trommsdorff Journ. de Pharm. XII. 44.

4 J. d. Ph. XL. 116.

5 Phil. Mag. XVII. 34.

6 Ueber Gasometrie nebst einigen Versuchen über d. Verschiebbarkeit d. Gase. Eine von der Phil. Facultät der K. Universität zu Dorpat gekrönte Preisschrift. Dorpat 1814. 4. Daraus in Allg. Nord. Ann. V. 190. Schweigg. J. XXVII. 192.

mittelst des Drahtes εε durch einen elektrischen Funken entzündet wird, worauf man den gebogenen Draht durch eine Drehung seitwärts von der Flamme bewegt. Die Gefäſse C, C sind Wassergefäſse, welche auf den durch die Zeichnung deutlichen Gestellen stehen, und durch die Oeffnungen d, d gefüllt werden, worauf man die letzteren verschlieſst. Damit nur eine bestimmte Menge Wassers abflieſsen möge, werden die Hähne i, i an den Quadranten k, k jederzeit auf den einmal aufgefundenen Punct gestellt, und um den Abfluſs gleichförmig zu machen, so daſs in gleichen Zeiten stets eine gleiche Menge Wassers abläuft, dienen die Röhren mm, mm, welche in ihren Lederbüchsen an der Scale n, n heraufgezogen werden, wenn der Ausfluſs reichlicher seyn soll. Uebrigens können diese Skalen entbehrt werden, indem man die Röhren für einen stets gleichmäſsigen Abfluſs bis etwa einen Zoll über den Boden der Gefäſse heraufzieht und so stehen läſst. Die Füllung und weitere Zurichtung des Apparates für Versuche ergiebt sich nach der Zeichnung aus bekannten Principien von selbst.

Will man den Versuch der Wasserbildung aus den beiden Gasarten ohne eigentliche genaue Messung bloſs anschaulich machen, so kann dieses leicht durch einen von G. G. Schmidt [1] angegebenen höchst einfachen Apparat geschehen, welcher noch obendrein jede sonst immer mögliche Gefahr einer Explosion
Fig. durch das gebildete Knallgas vermeidet. Ein gläserner Ballon A,
178. dessen dicker Rand oben eben geschliffen ist, wird mit Sauerstoffgas gefüllt, und vermittelst etwas auf den mattgeschliffenen Rand gestrichener Pomade durch den metallenen Deckel CD luftdicht verschlossen. Die Platte hat unten ein spitz zulaufendes umgebogenes Rohr, welches durch den Hahn F an der entgegengesetzten Seite verschlossen, oder durch das in die obere Oeffnung gesteckte, gleichfalls gebogene Rohr ab nach Oeffnung des Hahns E mit der Blase B in Verbindung gesetzt werden kann. Ist diese Blase mit Wasserstoffgas gefüllt, das Rohr ab in die Oeffnung gesteckt, wird nach dem Oeffnen der Hähne E und F das aus der Spitze strömende Gas angezündet, in den vorher mit Sauerstoffgas gefüllten Ballon gesenkt, welcher damit zugleich durch den Deckel verschlossen wird, und drückt man weiteres Wasserstoffgas aus der Blase, so vereinigen sich die beiden ver-

1 Hand- und Lehrbuch der Naturlehre. Gieſsen 1826. S. 320.

brennenden Gasarten zu Wasser, welches sich an den Wänden des abgekühlten Ballons anlegt. Es lieſse sich leicht in dem Deckel noch ein Zuleitungsrohr für Sauerstoffgas anbringen, um den Verbrennungsproceſs auf längere Zeit zu unterhalten. Seitdem man übrigens vermittelst des durch Döbereiner erfundenen Platinschwammes die Verbindung der beiden Gasarten zu Wasser unter so vielfachen Modificationen zu bewerkstelligen gelernt hat [1], ist die Bedeutsamkeit aller dieser Apparate sehr gesunken.

Unter die dritte Classe von Gasometern gehören alle diejenigen Apparate, vermittelst deren man meistens gemessene Quantitäten von Gas durch Wasser oder Quecksilber gesperrt aufbewahrt und zum bequemen Ausströmen temporär einschlieſst. Es werden daher auch die pneumatischen Wasser- oder Quecksilberapparate, die pneumatischen Wannen, deren sich die Chemiker vielfach bedienen, mit diesem Namen belegt [2], ferner die mit Wasserstoffgas und Sauerstoffgas gefüllten Gasbehälter, welche vereint das Hare'sche Knallgasgebläse bilden, und viele andere. Sie sind zunächst für den Chemiker bestimmt, und werden bei andern Gelegenheiten näher beschrieben, insofern sie für physikalische Versuche Anwendung finden. Das hauptsächlichste, bei ihnen in Betrachtung kommende physikalische Gesetz bezieht sich auf die Hervorbringung eines gleichmäſsigen Abflusses oder Zuflusses der Flüssigkeiten und des gleichzeitigen gleichmäſsigen Ausströmens der Gase. Das eigentliche Princip, worauf ihre Construction beruhet, nämlich der aërostatische Luftdruck, ist schon oben erörtert [3], mannigfaltige Vorschläge hierzu sind aber angegeben z. B. von Steevens [4], von Michelotti [5] u. a.; inzwischen begnüge ich mich nur zwei Vorrichtungen dieser Art etwas ausführlicher zu beschreiben, welche beide dazu bestimmt sind, ein stets gleichmäſsiges Ausströmen der Gase aus Röhren zu bewirken.

Das erste dieser Gasometer ist dasjenige, welches

1 S. Schweigg. J. N. F. XII. 62.

2 S. z. B. Newman's Quecksilbergasometer bei G. LV. 115.

3 S. *Aërostatik* Th. I. S. 263.

4 S. Phil. Mag. 1805. Jan. Daraus in Voigt's M. IX. 508.

5 S. J. de Ph. LIII. 284.

Biot [1] beschreibt, wovon mannigfaltige nützliche Anwendungen gemacht werden können, und dessen sich namentlich Girard bediente, um einen gleichmäfsigen Ausflufs des Oeles in
Fig. 179. die Gefäfse der Lampen zu bewirken. Es sey das Gefäfs B mit atmosphärischer Luft oder irgend einer Gasart erfüllt [2], wobei die Hähne R, S und O als geschlossen angesehen werden. Ueber diesem Gefäfse befindet sich ein anderes gleich grofses oder noch etwas gröfseres A A, welches mit seinem unteren Halse in die obere Oeffnung des ersten Gefäfses gesteckt ist, und hiernach mit der etwas nach oben gekrümmten Röhre in Verbindung steht. Auch das obere Gefäfs ist gänzlich verschlossen, hat aber in seinem Deckel zwei Oeffnungen, die eine bei F, welche dazu dient, dasselbe mit Wasser (oder Quecksilber, wenn dieses seyn müfste) zu füllen, und nachher mit einem Stöpsel luftdicht zu verschliefsen, die andere bei T, in welcher durch einen Kork oder vermittelst einer andern geeigneten Vorrichtung eine verschiebbare Röhre herabgeht. Ist dieses obere Gefäfs mit Wasser gefüllt, die Oeffnung bei F verschlossen, die Röhre H aber an beiden Enden offen, so wird nach dem Oeffnen des Hahns O ein stets gleichmäfsiger Abflufs des Wassers aus dem oberen in das untere Gefäfs statt finden, aus Gründen, welche an dem geeigneten Orte [3] entwickelt sind. Ist demnach das untere Gefäfs mit Gas gefüllt, so wird dieses nach dem Oeffnen des Hahns R gleichfalls in einem gleichmäfsigen Strome ausfliefsen. Die Röhre t′h dient für den Fall, wenn man Gas aus einem anderen ganz gleichmäfsig construirten Apparate in diesen überführen will. In diesem Falle wird die für den Ausflufs des Gases dienende Röhre t mit der gleichen Röhre eines zweiten Gasome-

1 Traité. I. 76. Die Zeichnung und Beschreibung ist etwas abgeändert, weil Biot's Angaben einigen leicht bemerklichen Mängeln unterworfen sind.

2 Wie diese Füllung geschehen könne, giebt Biot nicht an, indefs würde sie sich durch eine Oeffnung im Boden in einer Wasser- oder Quecksilberwanne leicht bewerkstelligen lassen. Sonst könnte das Gas auch aus einer Thierblase durch mechanischen Druck in die Röhre t geprefst werden, während das Wasser aus der Röhre t′ abflösse, oder man könnte das Rohr t herabbiegen, unten mit einem Trichter versehen, das ganze Gefäfs B in die pneumatische Wanne senken, und das Gas einfüllen.

3 S. Aerostatik Th. I. S. 263.

ters verbunden, und während das letztere sich mit Wasser füllt, muſs das in diesem enthaltene Gas in das erstere überströmen, wenn der Hahn O verschlossen, S dagegen geöffnet ist, so daſs das Wasser in h aufsteigen und aus t' abfliessen kann.

Das zweite Gasometer, welches ich seiner groſsen Einfachheit wegen gleichfalls zu erwähnen für zweckmäſsig achte, ist von d'Aubuisson angewandt, um den Widerstand aufs Neue durch Versuche zu bestimmen, welchen die Luft bei ihrem Ausströmen aus Oeffnungen verschiedener Art erleidet. Eine genaue Beschreibung desselben ist mir in diesem Augenblicke noch nicht bekannt, und ich kenne die Einrichtung nur aus einer vorläufigen Anzeige [1], indeſs begreift man auch hieraus die Construction sehr leicht. Das Ganze bestand aus einem hohlen Cylinder von 0,65 Met. Durchmesser und 0,8 Met. Höhe, welcher mit der offenen Seite, also umgehrt, in eine Cisterne mit Wasser getaucht die eingeschlossene Luft in sich faſste, und durch aufgelegte Gewichte comprimirte, wobei der Grad der Zusammendrückung durch ein Wasserbarometer angezeigt wurde. Seine Einrichtung war also im Kleinen genau so als derjenigen, welche zum Aufbewahren des Leuchtgases dienen, und auf gleiche Weise sollte auch die Luft aus demselben unter stets gleichmäſsigen Drucke durch ein geeignetes Rohr abflieſsen. Die Erhaltung eines stets gleichmäſsigen Druckes, als nothwendige Bedingung einer gleichmäſsigen Ausströmung der Luft, wurde aber durch das veränderliche hydrostatische Gewicht des eingetauchten Theiles des Gasbehälters stets verändert, wie oben [2] ausführlich nachgewiesen ist, und d'Aubuisson giebt nicht an, wie er diesen Einfluſs aufgehoben habe. Vielleicht wandte er hierzu eins der dort angegebenen Mittel an, oder die Correction geschah ganz einfach durch Regulirung der, den Gasbehälter beschwerenden Gewichte. Lieſse sich dieses mit hinlänglicher Genauigkeit bewerkstelligen, wobei der Stand des Wasserheberbarometers (Manometers) stets zur genauen Controle dient, so gehört ein solches Gasometer wegen seiner groſsen Einfachheit für die mannigfaltigen, damit zu erreichenden Zwecke unter die brauchbarsten physikalischen Apparate [3].

1 Ann. Ch. Ph. XXXII. 327.

2 S. *Gasbeleuchtung. Gasometer.*

3 Vrgl. *Gebläse. A.* d.

Sehr sinnreich construirt ist endlich dasjenige Gasometer, welches Despretz [1] angewandt hat, um die Veränderung der Luft durch animalische Respiration und die Menge der hierdurch erzeugten thierischen Wärme zu bestimmen. Indem es aber für diesen bestimmten Zweck gebauet und diesem angemessen eingerichtet war, für andere Bestimmungen aber eine abgeänderte Einrichtung erhalten müſste, die dabei befolgten Principien aber in den mitgetheilten Beschreibungen enthalten sind, so kann es hier nur im Allgemeinen erwähnt werden. *M.*

Gebläse.

Machinae spirantes; Machines soufflantes; *blowing machines.*

Durch den Ausdruck *Gebläse* werden im Allgemeinen alle diejenigen Vorrichtungen oder Maschinen oder Apparate bezeichnet, welche ein Gas oder Dampf in eine solche Bewegung versetzen, daſs sie blasen, hauptsächlich um dadurch das Verbrennen brennbarer Substanzen zu befördern und die dadurch bewirkte Hitze zu vermehren [2]. Wenn man also die Vermehrung des Luftzuges abrechnet, wodurch das Brennen bei verschiedenen Oefen, namentlich den Windöfen, befördert zu werden pflegt, als welche man dem Sprachgebrauche nach, nicht unter die Gebläse rechnet, so lassen sich alle die mannigfaltigen Vorrichtungen dazu zählen, deren man sich bedient, brennenden Körpern einen stärkeren Luft- oder Gasstrom zuzuführen, von dem einfachen Blasen mit dem Munde bis zu den künstlichen Gasgebläsen, indem sie dem Wesen nach in eine und dieselbe Classe zu setzen sind. Insofern aber verschiedene dieser Apparate zur Technologie und praktischen Maschinenkunde gehören, und daher hier nicht vollständig abgehandelt werden können, so scheint es mir am zweckmäſsigsten, bloſs die vor-

1 Traité élémentaire de Physique. Par. 1825. S. 749.

2 Wenn eine herabstürzende Lavine eine Quantität Luft unter sich einschlieſst, durch ihre Masse comprimirt, und diese dann aus irgend einer Oeffnung strömend entweicht, so heiſst dieses gleichfalls *Gebläse*; allein diese Wortbedeutung kann hier füglich vernachlässigt werden.

züglichsten Arten zusammenzufassen, und die physikalischen Principien anzugeben, worauf ihre Construction und Wirkungsart beruhet. Aus diesem Gesichtspuncte betrachtet, theile ich die sämmtlichen Gebläse in drei Classen, zuerst diejenigen, welche dazu dienen, den Combustibilien zur leichteren und schnelleren Verbrennung die erforderliche Quantität atmosphärischer Luft zuzuführen, die zweiten, deren Bestimmung ist, einer Flamme durch den Impuls des Stromes einer elastischen Flüssigkeit eine schärfere Richtung auf einen bestimmten Punct zu geben und dadurch ihre Intensität und Wirksamkeit zu vermehren, endlich drittens diejenigen, bei denen die strömenden elastischen Flüssigkeiten die Flamme dadurch verstärken, dafs sie noch mehr als die atmosphärische Luft in dieselbe übergehen oder sie erst eigentlich erzeugen.

A. Gemeinhin sogenannte Gebläse.

Die erste Classe der Gebläse begreift diejenigen unter sich, welche man gewöhnlich und fast ausschliefslich mit diesem Namen zu belegen pflegt, und deren Untersuchung einen wichtigen Theil der praktischen Maschinenkunde, insbesondere in ihrer Anwendung auf das Hüttenwesen ausmacht. Im Allgemeinen bestehen sie aus Räumen von verschiedener Gröfse, welche bedeutend erweitert werden können, sich dabei zugleich unter Mitwirkung der geeigneten Klappen oder Ventile mit Luft füllen, und diese bei wiedereintretender Raumverminderung durch gleichzeitig herbeigeführten stärkeren Druck zum Ausströmen aus irgend einem engen Canale zwingen. Da es übrigens hier der Ort nicht ist, diesen Gegenstand erschöpfend abzuhandeln, so mag folgende Angabe der vorzüglichsten Apparate genügen, deren Construction aufserdem durch den blofsen Anblick der Figuren leicht vollständig erkannt werden kann.

a. Die einfachste und hinlänglich bekannte Maschine ist der gemeine *Blasbalg*, deren mehrere in sehr vergröfsertem Mafsstabe, verglichen mit den Handblasbälgen, bei Schmelz- oder Hüttenwerken vereinigt zu werden pflegen. Bei den einfachen sind die Seiten von Leder, oder wenn dieses zu kostbar ist, von Holz, und dann heifsen die letzteren auch wohl Kastengebläse. Weil ihre Wirkung beim Aufziehen aufhört, eine solche Unterbrechung des Luftzuflusses aber für die Schmelzpro-

cesse nachtheilig ist, so macht man mindestens die mit ledernen Seitentheilen in der Regel doppelt, so dafs durch die Bewegung der unteren Abtheilung die frische Luft in die obere geprefst wird, und aus letzterer vermöge eines obenaufliegenden Gewichtes stets beinahe gleichmäfsig ausströmt. Bei den einfachen wird entweder die untere Wand durch den bewegenden Mechanismus gegen die obere gedrückt, und fällt dann durch ihr eigenes Gewicht wieder herab, oder die obere wird beim Füllen in die Höhe gehoben und durch die aufgelegten Gewichte wieder herabgedrückt. Die Ventile sind blofse Klappen. Blasebälge mit Leder sind für kleinere Gebläse die zweckmäfsigsten Apparate; für Hohöfen, Schmelzöfen, Frischwerke u. dgl. sind sie zu kostbar in der Unterhaltung, hölzerne haben viele Reibung, und beide fassen nicht so viele Luft, als dem Raume nach erwartet werden könnte, den sie einnehmen, weſswegen man den folgenden Apparaten den Vorzug einräumt.

b. Das *Cylindergebläse* ist in seiner wesentlichen Einrichtung eine Art Luftpumpe. Einen Uebergang der Blasebälge zu ihnen geben die einfachen Blasebälge der chinesischen Schmiede [1]. Diese bestehen aus einem länglichten vierkantigen Kasten von Holz ABCDE mit einem diesen genau schliefsenden Querbrette G, welches letztere an der Handhabe F hin und her gezogen wird und die Luft aus der Blasröhre K austreibt. Die Ventilklappen befinden sich zu beiden Seiten an dem Brette G. Die gewöhnlichen Cylindergebläse bedürfen keiner Beschreibung, weil sie als blofse Stiefel mit einem beweglichen Embolus, nach Art der Luft- oder Compressionspumpen an sich verständlich sind. Sie haben indefs mit den einfachen Blasebälgen den Nachtheil gemein, dafs bei jeder Hebung ein Stillstand des Blasens eintritt. Ungleich besser ist daher das doppeltwirkende Cylindergebläse, dessen Construction aus der Zeichnung leicht erkannt wird. AA ist ein grofser Cylinder, welcher in England gewöhnlich aus Eisen gemacht wird. In diesem bewegt sich der Embolus B auf und ab, indem beim Aufsteigen das Ventil C durch das Gegengewicht b, das Ventil F dagegen durch den Druck der Luft geschlossen wird, während zugleich D sich öffnet und F′ sich schliefst. Beim Herabgehen des Embolus findet

Fig. 180. Fig. 181.

1 Robison System of Mechanical Philosophy. Edinb. 1822. IV Vol. 8. III. 785.

ein umgekehrter Wechsel statt, so dafs also in beiden Fällen entweder durch das Ventil F oder F' Luft in die Röhre E gelangt, aus welcher sie durch einen beliebigen Canal, etwa d, zur Ausströmungsöffnung gelangt. Hierbei findet also nur ein momentaner Stillstand des Blasens in dem Augenblicke statt, wenn der Wechsel der Kolbenbewegung eintritt. Auch diese kurze Unterbrechung wird durch eine andere Construction des Cylindergebläses vermieden, welche hiernach einige Aehnlichkeit mit den doppelten Blasebälgen erhält, und in England nicht selten Anwendung findet. Dasselbe besteht aus zwei verbundenen Cylindern. Fig. 182. In dem einen ABCD wird der Embolus P stets auf und nieder bewegt, wobei in jenem Falle das Ventil E sich öffnet, F dagegen schliefst, in diesem dagegen ein entgegengesetztes Spiel der Ventile statt findet. Das Spiel des Kolbens vermittelst der Stange N, des um den Unterstützungspunct R vermittelst der Stange OP und der Kurbel PQ beweglichen Waagebalkens ist für sich klar. Die durch das Herabgehen des Embolus P in dem beschriebenen Stiefel comprimirte Luft strömt nicht unmittelbar aus der Blaseröhre, sondern entweicht durch das Ventil F in einen zweiten Cylinder GHKI, und drückt in diesem den Embolus L in die Höhe, dessen Stange durch die Oeffnung M geht, um ihn stets in einer horizontalen Lage zu erhalten. Aufgelegte Gewichte drücken letzteren fortwährend herab, und würden der Luft eine stets gleichmäfsige Spannung geben, wenn nicht die Reibung des Embolus dieses hinderte. Dafs man übrigens sehr vortheilhaft statt des einfach wirkenden Cylinders ABCD den eben beschriebenen doppelt wirkenden substituiren könne, liegt so nahe bei der Sache, dafs es kaum besonders erwähnt zu werden verdient.

c. Statt der kostbaren eisernen Cylinder nimmt man zu dieser Art von Gebläsen auch blofse hölzerne Kasten, und erhält dann das eigentlich sogenannte *Kastengebläse.* Dieses besteht aus einem vierkantigen hölzernen Kasten, in welchem statt des Embolus ein den inneren Raum genau ausfüllendes Brett von ein bis drei Zoll Dicke an einer verticalen Stange auf und ab bewegt wird. Die Kasten sind entweder oben offen, und in diesem Falle drückt das herabgehende Brett die Luft im Kasten zusammen, so dafs sie durch eine im unteren, verschlossenen Theile desselben befindliche, zu der Abzugsröhre führende Oeffnung entweichen mufs, oder die Kasten sind oben verschlossen;

und das aufwärts bewegte Brett wirkt comprimirend, oder sie sind endlich oben und unten verschlossen, die Stange des Brettes geht durch einen von diesen Böden luftdicht, und die Compression der Luft geschieht beim Aufgange und Niedergange. Gewöhnlich sind mehrere solcher Kasten vereinigt, und die Bewegung der Stangen ist so eingerichtet, dafs die Scheibe des ersten Kastens die Compression wieder anfängt, wenn die des letzten sie endigt. Weil die den Embolus vertretenden Bretter sich allmälig abreiben, und dann zu viel Luft neben sich entweichen lassen, so legt man auf den Rand derselben vier an den Enden in
Fig. 183. einander gezapfte, unter den Klammern $\alpha\alpha$, $\alpha\alpha$, $\alpha\alpha$, $\alpha\alpha$, bewegliche, zugleich aber gegen das Aufgehobenwerden gesicherte Leisten gg, gg, gg, gg, welche durch die Federn e e e, e e e, e e e, e e e gegen die inneren Wände des Kastens gedrückt werden. Dafs man diese, eben wie den Rand des Brettes mit Fett schmiere, um sie luftdichter zu machen, versteht sich von selbst, und eben so ergeben sich aus der Natur der Sache die Ventile, welche den Rückgang der Luft absperren, oder sich öffnen, um derselben den Zugang wieder zu gestatten; indefs ist zum Ueberflufs in l ein solches Klappenventil mit der, dasselbe niederdrückenden Feder n gezeichnet, auch wird man vortheilhaft dem Brette durch die eingeschobene Leiste ab mehr Steifheit zu geben suchen, in welche dann die bewegende Stange bei f fester eingelassen werden kann.

Wenn man bei der Anlage der Gebläse eine hinlängliche bewegende Kraft, etwa durch eine genügende Menge von Aufschlagewasser zu verwenden hat, so dafs man diesen Kraftaufwand nicht scheuen darf, dann gehören diese Gebläse wohl unter die vorzüglichsten, weil sie den reichsten und stärksten Luftstrom geben. Sobald man aber mit der aufzuwendenden Kraft sparen mufs, kommt die zu überwindende starke Reibung in Betrachtung, indem der Embolus, von welcher Construction und Liederung er seyn mag, dicht anschliefsen mufs, wenn nicht zu viele Luft verloren werden soll.

d. Das *hydrostatische Cylindergebläse* begegnet diesem Hindernisse, indem einestheils die Absperrung der eingeschlossenen Luft bei ihm weit vollständiger ist als bei dem gemeinen Cylindergebläse, anderntheils aber die Reibung des Embolus

bei ihm ganz wegfällt. JOSEPH V. BAADER [1] ist wohl der erste, welcher die individuelle Construction dieses hydrostatischen Cylindergebläses, wie dasselbe im Grofsen beim Hüttenwesen angewandt wird, in Vorschlag brachte, seine Einführung veranlafste, und daher auch als Erfinder desselben genannt wird, obgleich die Absperrung der Luft durch Wasser und die Erzeugung eines Strömens der ersteren durch den hydrostatischen Druck des letzteren seit langer Zeit bekannt waren [2]. Das hydrostatische Cylindergebläse gleicht im Grofsen vollständig demjenigen, welches im kleineren Mafsstabe ausgeführt als ein bequemer physikalischer Apparat zu allerlei Schmelzversuchen angewandt werden kann, und daher unter der folgenden Classe der Gebläse genauer beschrieben werden soll. Hier genügt es daher nur im Allgemeinen zu bemerken, dafs ein hohler, oben bedeckter Cylinder in eine mit Wasser gefüllte Cisterne herabgesenkt wird, die in ihm befindliche, durch das Wasser abgesperrte Luft durch seinen Druck comprimirt, und auf diese Weise zum Ausströmen aus einer geeigneten Röhre zwingt. Uebrigens liegt es sehr nahe bei der Sache, dafs man statt der Cylinder füglich bei diesem Gebläse auch parallelepipedische oder anders geformte Kasten wählen könne, welche sich dann in ähnlich gestaltete Cisternen einsenken, wonach man also ein hydrostatisches Kastengebläse erhalten würde, auch kann zu diesen Apparaten, sowohl Gufseisen als auch Holz oder ein sonstiges, nach Befinden der Umstände sich am Besten eignendes Material genommen werden. Dafs man endlich verschiedene solcher Kasten zu vereinigen pflege nnd die Art ihrer Bewegung so wie die Ventile mehrfach abändern könne, versteht sich ohne Weiteres von selbst.

e. Eins der vorzüglichsten, von den Sachverständigen mit grofsem Beifalle aufgenommenen Gebläse ist das durch den Oberberginspector HENSCHEL in Cassel erfundeue *hydraulische*

1 Beschreibung eines neu erfundenen Gebläses. Gött. 1794. 4. J. v. BAADER setzt seine Erfindung in das Jahr 1787. S. Reichsanz. 1802 Nr. 83. LAVOISIER's ähnliches und nach denselben Principien construirtes Sauerstoffgasgebläse ist aber von 1782. S. unten B. c.

2 Vrgl. MARIOTTE Traité du mouvement des eaux. Par. 1686. Auch in Oeuvres de Mr. Mariotte. A Leide 1717. 4. II. S. 400, woselbst sich die Idee findet, welche diesem Gebläse zum Grunde liegt.

Kettengebläse, welches da, wo wenig Wasser mit einer etwas gröfseren Fallhöhe zu Gebote steht, mit grofsem Vortheile an-
Fig. 184. gewandt werden kann. Ueber das eiserne, in der Mitte seines äufseren Randes ausgehöhlte Rad S läuft eine Art Paternosterwerk, welches aus einer Kette und daran befestigten runden
Fig. 185. hölzernen oder eisernen Scheiben besteht. Die letzteren p, p, sind auf dem einen Gliede der Kette befestigt, und jede ist mit zwei Klappen versehen, welche sich beim Heraustreten aus dem Wasserkasten öffnen, um das Wasser frei durchströmen zu lassen, das andere Glied der Kette, h, bleibt dagegen frei. Die
Fig. 184. eine Seite der so construirten Kette läuft bei ihrer Bewegung durch einen unter der Mitte des Rades anfangenden eisernen Cylinder, welcher nach der Form der herabhängenden Kette (der Catenaria) etwas gebogen ist, und unten auf dem Wasserkasten B ruhet; seine Weite ist aber so, dafs die Scheiben in demselben frei und ohne Reibung herabfallen können, wefswegen sein Durchmesser den der Scheiben um 2 bis 4 Lin. übertrifft. Läfst man also Aufschlagwasser in den Cylinder fallen, so drückt dieses die Scheiben herab, bildet über diesen einen Wassercylinder, deren zwei einen zugleich mit herabsinkenden Luftcylinder zwischen sich einschliefsen, und in den Wasserbehälter B herabdrücken, wo sich die Luft sammelt, und durch das höherstehende Wasser zum Ausströmen durch die Leitröhre F gezwungen wird, während die Scheiben aus dem Wasserkasten wieder in die Höhe gehoben werden. Hierbei öffnen sich die zum Durchlassen des Wassers bestimmten Klappen, und schliefsen sich durch ihr eigenes Gewicht wieder, wenn sie auf der entgegengesetzten Seite des Rades angekommen sind. Das Gebläse läfst sich in sehr grofsem Mafsstabe ausführen, indem die Röhre ein auch zwei Fufs Durchmesser haben kann, auch lassen sich mehrere solcher Ketten in dem nämlichen Kasten vereinigen, und die Bewegung ist sehr schnell. Soll die Quantität der zugeführten Luft berechnet werden, so darf man nur den Raum zwischen den Scheiben bestimmen, welche in einer gegebenen Zeit durch die Röhre herabfallen, und von dieser Gröfse den Betrag des in gleicher Zeit erforderlichen Wassers abziehen. Bei einer auf der Sollingerhütte unweit Uslar im Hannöverschen befindlichen Maschine dieser Art betrug der Raum zwischen zwei Scheiben 3,8864 Cub. F. wofür wegen des anhängenden Wassers nur 3,8 C. F. gerechnet wurden. Solcher Cellen gingen in

einer Minute 137 durch den Cylinder, welches also 520,6 Cub. F. Luft in dieser Zeit giebt. Hiervon das Aufschlagewasser mit 93,8 Cub. F. abgerechnet blieben 426,8 Cub. F. in einer Minute. Daſs hierbei wegen einiger seitwärts entweichender und auch unter mechanisch fortgerissener Luftblasen ein geringer, jedoch 0,05 des Ganzen nicht erreichender Verlust eintrete, ist wohl zu erwarten, und auch durch Versuche erwiesen; ferner kann die Luft entweder unmittelbar in den Ofen geleitet oder zuvor in einem Windkasten angesammelt werden. Ein Hauptvorzug des Gebläses beruhet auf der unmittelbar durch den Mechanismus gegebenen gleichmäſsigen Luftströmung [1].

f. Der *hydraulischen Gebläse* giebt es auſserdem noch verschiedene, welche aber einzeln aufzuführen hier überflüssig seyn würde. Dahin gehört zuerst das *Tonnengebläse*, eine Tonne, welche bis zur Hälfte ins Wasser gesenkt, um ihre Axe oscillirend gedrehet wird, so daſs abwechselnd die eine und die andere Hälfte des hervorragenden Theils sich mit Luft und mit Wasser füllt, letzteres aber die erstere mit einer sehr geringen Kraft der Strömung heraustreibt. Man hat sie gegenwärtig, wenigstens in Frankreich, überall abgeschafft, weil ihre Wirkung zu gering ist. Ferner die *Wassertrommel* oder das *Wassertrommelgebläse*, eine Vorrichtung, bei welcher Wasser aus einer etwas gröſseren Höhe in einem durchlöcherten Einlaſsrohre herabfällt, dabei eine Menge Luft mechanisch mit sich fortreiſst, und indem beides, sowohl Wasser als auch Luft sich in einem Gefäſse, der Trommel, ansammelt, strömt die letztere durch ein horizontales, höher liegendes Rohr in den Ofen, während das erstere durch einen anderen Canal abflieſst. Diese Art des Gebläses findet sich hauptsächlich bei den spanischen und corsischen Hohöfen, weil in jenen bergigten Gegenden leicht Wasser mit hohem Falle zu finden ist. Auch dieses Gebläse giebt keinen starken Luftstrom und auſserdem kommt die Luft sehr feucht, unter Umständen selbst wohl mit etwas mechanisch fortgerissenem Wasser vermengt, in die Oefen. Endlich das

1 S. Versuche und Beobachtungen über die Geschwindigkeit und Quantität verdichteter atmosphärischer Luft, welche aus Oeffnungen von verschiedener Construction und durch Röhren ausströmt, von F. K. L. Koch. Gött. 1824. 8. Vrgl. Ann. des Mines VII. 3, wo demselben, wohl mit Unrecht, zu viele Reibung zugeschrieben wird.

Waldhorn-, *Schnecken-* oder *Rotationsgebläse*, welches man in Rufsland anwendet, ist ganz der von Wirz erfundenen Spiralpumpe nachgebildet [1]. Zwei verticale, durch Wasser um ihre Axe gedrehete Bretter schliefsen vier spiralförmig um die Axe gewundene blechene Räume ein, und indem die hieraus gebildete Trommel bis fast zur Hälfte in ein Gefäfs mit Wasser gesenkt ist, so wird die in den spiralförmigen Windungen eingeschlossene Luft beim Eintauchen derselben in das Wasser abgesperrt und zum Entweichen vor dem nachdringenden Wasser gezwungen. Die Luft sammelt sich dann zuletzt in der hohlen Axe des Rades und strömt von hier in den Ofen, während das zugleich mit gehobene Wasser durch einen Canal seitwärts abfliefst. Bei dieser, übrigens gewifs nicht effectlosen Einrichtung scheint mir ein vorzügliches Hindernifs in dem Wasser zu liegen, worin sich die Hälfte der Maschine stets bewegt, da es bekanntlich eine grofse Kraft erfordert, solche Bewegungen im Wasser hervorzubringen [2].

Nicht alle Gebläse geben einen stets regelmäfsigen und ununterbrochenen Luftstrom, welchen übrigens die meisten Metallurgen für vortheilhaft oder unentbehrlich zum Gelingen der metallurgischen Processe erachten. Aufserdem kann das Gebläse in einigen Fällen nicht unmittelbar am Ofen angelegt werden, oder man wünscht die comprimirte Luft mehrerer Gebläse vorher zu vereinigen. In allen diesen und ähnlichen Fällen wird

1 Eine vollständige Beschreibung dieser Pumpe nebst dem Geschichtlichen ihrer Erfindung und der Literatur findet man in: Systematische Darstellung aller Erfahrungen über allgemeiner verbreitete Potenzen von L. v. Schmidt, genannt Phiseldeck. Arau 1808. T. III. S. 378.

2 Zur Literatur über die Gebläse im Allgemeinen dienen Poppe Encyklopädie des gesammten Maschinenwesens u. s. w. Art. Balg- und Cylindergebläse. Robison System of Mech. Phil. III. 781. ff. Christian Traité de Mécanique industrielle T. III. p. 201. und 403. Borgnis Traité complet de Mécan. appliquée aux arts. Des Machines employées dans diverses Fabrications. Par. 1819. 4. pag. 31. ff. J. Baader Theorie des englischen Cylindergebläses nebst einigen Vorschlägen zur Verbesserung dieser Maschinen. München 1805. 4. Dann hauptsächlich über die Hüttenkunde, namentlich Karsten Handbuch der Eisenhüttenkunde. Lampadius Handbuch d. allgem. Hüttenkunde. Gött. 1801. I. S. 315. Dessen Supplemente zum Handbuche d. allgm. Hüttenkunde. Gött. 1826. Bd. II. S. 89.

ein Windkasten angelegt, ein Behälter für die aus einem oder mehreren Gebläsen strömende verdichtete Luft, wie hauptsächlich zuerst in England bei den Hohöfen zu Devon geschah, in welchem sich die Mündungen der Gebläse vereinigen, und aus welchem die comprimirte Luft (der Wind) in die Feuerstätten geführt wird. Die Form eines solchen Windkastens ist gleichgültig, und wird durch die Umstände bestimmt, die Gröfse desselben darf indefs nicht zu geringe seyn, vielmehr sein Inhalt den Inhalt wenigstens eines in ihn mündenden Gebläses übertreffen, damit der Wechsel beim Auf- und Niedergange der Blasemaschinen die Elasticität der eingeschlossenen Luft nicht merklich verändere. Bei einem solchen Windkasten wird übrigens der zweite condensirende Cylinder des oben beschriebenen Cylindergebläses überflüssig.

Ferner kommen bei den Gebläsen die *Leitungsröhren* in Betrachtung, welche den Luftstrom in die Windkasten und aus diesen zu den Feuerstätten oder unmittelbar in die letzteren führen. Hierüber läfst sich im Allgemeinen nur sagen, dafs es vortheilhaft ist, sie nicht zu lang und nicht zu enge zu machen, weil der Luftstrom durch die Adhäsion an ihre Wandungen an Geschwindigkeit verliert, und aus diesem Gesichtspuncte betrachtet wird man vorzugsweise runde Röhren wählen, welche bei gleichem cubischen Inhalte die kleinste Oberfläche darbieten. Das äufserste Ende dieser Röhren, welches den Wind der Feuerstätte zuführt, wird die *Deupe* oder *Düse* genannt. Die Erfahrung hat gelehrt, dafs die konische Form dieser Düsen, indem die Seite derselben mit der Axe einen Winkel nicht kleiner als 3° und nicht gröfser als 12° macht, die vortheilhafteste ist; auch müssen ihre inneren Flächen polirt seyn.

Um endlich die Stärke der Compression der in dem Gebläsekasten eingeschlossenen oder der durch das Windleitungsrohr strömenden Luft zu messen, bedient man sich des *Elasticitätsmesser* oder Windmessers (eines Manometers), welcher auf dem Gebläsekasten oder auf der Luftleitungsröhre angebracht wird. Sie bestehen, wie die Heberbarometer an den Luftpumpen, aus einer doppelt heberförmig gebogenen Glasröhre, deren letzter Schenkel aber nicht, wie bei jenen verschlossen, sondern offen und mit einigen Zollen Quecksilber gefüllt ist, und dessen Höhe über dem Niveau im anderen Schenkel die Compression der Luft in Zollen

und Linien angiebt [1]. Nur in denjenigen Fällen, wenn eine geringere Stärke des Gebläses erfordert wird, oder allein erhalten werden kann, genügt es, den Elasticitätsmesser auch mit Wasser statt mit Quecksilber zu füllen, was grofse Uebequemlichkeiten haben würde, wenn die Röhre 2 bis 4 Fufs lang seyn müfste. Rücksichtlich der Bestimmungen durch diese Elasticitätsmesser bemerkt G. G. Schmidt richtig, dafs derselbe auf dem Windkasten selbst und nicht auf dem Blaserohre zu nahe an dessen Mündung angebracht werden müsse, weil dort die Luft, einer starken Strömung ungeachtet, viel von ihrer Flasticität verlieren kann, ja es liefse sich eine solche Länge und Weite dieses Rohres denken, dafs das Manometer auf 0 stände, und die Luft dennoch mit bedeutender Geschwindigkeit ausströmte. Henschel hilft dieser mangelhaften Bestimmung dadurch ab, dafs er das untere Ende des Manometers in die Luftleitungsröhre hineingehen läfst, und demselben dort eine dem Luftstrome entgegengerichtete Biegung giebt. Wie vollkommen indefs die Vorrichtung auch seyn mag, um eine stets gleichmäfsige Dichtigkeit der im Regulator oder Windkasten comprimirten Luft zu erhalten, so wird das Manometer doch stets Schwankungen zeigen. Sie rühren theils von dem nicht absolut gleichmäfsigen Gange der zur Bewegung der Gebläseapparate angewandten Maschinerie, welche aller Sorgfalt ungeachtet in der hierzu erforderlichen Gröfse mit einer für so feine Messungen absoluten Genauigkeit nicht gearbeitet werden kann, anderntheils und hauptsächlich von dem Einflusse der Wärme auf die Ausdehnung der Luft, indem jene in bedeutender Menge durch die Compression der letzteren ausgeschieden und durch ihre Expansion wieder gebunden wird [2]. Inzwischen haben die hieraus erwachsenden Ungleichheiten der Luftströmung auf den Nutzeffect übrigens genau gearbeiteten Gebläse keinen merklichen Einflufs.

Einen wesentlichen Theil der Gebläse macht die Maschinerie aus, wodurch die verschiedenen Arten derselben in Bewegung gesetzt werden. Indem dieser Gegenstand aber ganz ei-

1 Solche Elasticitätsmesser sind im Art. *Dampfmaschine* Th. II. S. 467 Fig. 150 beschrieben und gezeichnet, defsgleichen im Art. *Gasbeleuchtung*, Fig. 168.

2 Vrgl. G. G. Schmidt, Hand- und Lehrbuch der Naturlehre. S. 2.

gentlich zur praktischen Maschinenlehre gehört, so kann er hier überall nicht abgehandelt werden.

Wenn hier sogleich die physikalische Theorie erörtert wird, welche bei allen Arten von Gebläsen, hauptsächlich aber bei der hier beschriebenen Classe in Betrachtung kommt, so reducirt sich diese blofs auf zwei Principe, welche innig mit einander verbunden sind, und wovon das eine durch das andere bedingt wird. Es soll nämlich bei allen Gebläsen eine elastische Flüssigkeit, meistens atmosphärische Luft aus einer Oeffnung, in der Regel aus einer Röhre von verschiedener Weite und Länge, ausfliefsen. Damit dieses geschehe, mufs die elastische Flüssigkeit eine gröfsere Elasticität haben, als die umgebende atmosphärische Luft, und die Geschwindigkeit der Strömung, mithin auch die Menge der in einer bestimmten Zeit aus einem Canale von gegebenem Querschnitte fliefsenden elastischen Flüssigkeit ist nach Theorie und Erfahrung der Elasticität jener Flüssigkeit, folglich auch der Stärke ihrer Zusammendrückung nach einem gewissen Gesetze proportional, mithin reducirt sich das ganze Problem, wie grofs die Geschwindigkeit der Strömung bei gegebener Compression mit Rücksicht auf die Beschaffenheit des Ausflufscanales sey, auf die Bestimmung der Elasticität und Dichtigkeit der eingeschlossenen Luft im Verhältnifs zu der umgebenden, wonach dann bei bekanntem Querschnitte jenes Canales die Quantität der ausströmenden elastischen Flüssigkeit leicht berechnet werden kann. Die Aufgabe gehört somit unter den Art. *Pneumatik,* woselbst sie ausführlich erörtert werden wird. Hier genügt es daher nur im Allgemeinen zu bemerken, dafs das hierbei zu berücksichtigende Gesetz für atmosphärische Luft und einige Gasarten bereits mit grofser Genauigkeit durch eine Menge schwieriger Versuche bestimmt ist; für Dämpfe dagegen sind noch überall kaum Versuche vorhanden, auch kommt diese Aufgabe ungleich weniger in Betrachtung, als diejenige, welche sich auf die atmosphärische Luft bezieht. Für den praktischen Gebrauch reicht dasjenige vollkommen hin, was G. G. Schmidt hierüber zum Theil nach eigenen Versuchen bestimmt hat. Nach ihm [1] ist für atmosphäriche Luft die Gechwindigkeit

1 S. Hand- und Lehrbuch der Naturlehre. Giefsen 1826. 8. S. 212. Vrgl. J. v. Baader a. a. O. S. 64.

ihrer Ausströmung aus einer konischen Blaseröhre, deren Länge ihren Durchmesser nicht mehr als 30 mal übertrifft

$$c = 0{,}7 \times \sqrt{\frac{2\,g\,h}{d}}$$

wenn g die Fallhöhe in 1 Secunde, h den Höhenstand des zusammendrückenden Wassers oder des Elasticitätsmessers und d die Dichtigkeit der Luft im Gebläse bezeichnet. Setzt man z. B. das Verhältnifs der Dichtigkeit des Wassers zu der der Luft bei 15° R. Temperatur = 840 : 1, die Höhe des Wasserdruckes h = 4 F., so ist $d = \frac{36}{32} \times \frac{1}{840}$ wenn der mittlere Druck der Atmosphäre einer Wassersäule von 32 F. gleichgesetzt wird Hiernach wäre

$$c = 0{,}7 \times 2\sqrt{15 \times 4 : \left(\frac{36}{32} \times \frac{1}{840}\right)}$$
$$= 1{,}4 \sqrt{60 \times 747} = 292 \text{ F.}$$

in einer Secunde. Diese Geschwindigkeit ist allerdings bedeutend, und sie wird geringer seyn, wenn das Ausflufsrohr der Luft sehr lang oder gekrümmt ist, weil in diesem Falle nach Schmidt der Coëfficient 0,7 bis auf 0,5 herabsinken kann. Aufserdem scheint es zwar eine nur geringe Gröfse zu seyn, wenn man die Dichtigkeit der Luft um $\frac{1}{8}$ vermehren will, allein eine nähere Untersuchung dieses zweiten, hierbei in Betrachtung kommenden, und durch das oben genannte bedingten Princips zeigt, dafs sich auch dieses so leicht nicht, und in vielen Fällen überall nicht erreichen läfst. Nach den im Art. *Aërostatik* [1] angegebenen Berechnungen drückt nämlich die Luft bei 28 Z. Barometerstand gegen einen Par. Quadratfufs Fläche mit 2316,53 Pf. Nimmt man hiervon den achten Theil, so beträgt der Druck gegen die nämliche Fläche fast 290 Pf., und wenn also die Fläche des oberen Deckels eines gewöhnlichen Blasebalges oder hölzernen Kastengebläses bei einer Länge von 5 F. und einer mittleren Breite von 2 F. im Ganzen 10 Quadratfufs ausmacht, so müfste dieser mit 2900 Pf. oder mit 29 Ct. niedergedrückt werden, damit die Dichtigkeit der eingeschlossenen Luft um $\frac{1}{8}$ zunimmt. Hiernach läfst sich dann auf gleiche Weise die Kraft berechnen, womit der Embolus des Cylindergebläses niedergedrückt werden mufs, wozu bei allen diesen Gebläsen

1 S. Th. I. S. 262.

noch die Reibung und bei den gewöhnlichen Bälgen noch die Steifheit des Leders kommt. Beim Wassercylindergebläse fällt diese in Beziehung auf den Cylinder selbst weg, dagegen aber muſs dann bei diesem der Wasserstand im äuſseren Sperrgefäſse (der Cisterne) 4 F. höher seyn, als unter dem Luftcylinder, und es muſs daher Sorge getragen werden, daſs die zur Ableitung der Luft dienende Röhre im Innern des Gebläses etwas länger sey, und in einem kleineren hohlen Cylinder mitten im Deckel des groſsen Cylinders aufgenommen werde, damit das beim Aufsteigen des letzteren herabsinkende Wasser nicht in dasselbe laufe. Ferner ist zu berücksichtigen, daſs die Menge des Wassers, welche beim Niedergange des Luftcylinders an der Auſsenseite desselben hinaufgedrückt wird, um die eingeschlossene Luft zur erforderlichen Dichtigkeit zu comprimiren, nicht zu groſs sey, damit sie beim Aufgange jenes Cylinders keinen zu groſsen Raum der Cisterne fülle, und deren Höhe dadurch unnöthig vermehre. Letzteres wird am besten dadurch vermieden, wenn bei gut gearbeiteten Cylindern der Spielraum zwischen ihrer äuſsern Fläche und der inneren Wandung der Cisterne möglichst klein ist, indem es hierfür genügt, wenn der äuſsere Durchmesser des Luftcylinders nur etwa 4 Lin. geringer ist, als der innere der Cisterne. Es läſst sich dann leicht berechnen, wie hoch das Wasser im Cylinder beim Aufgange desselben höher steigen wird, als beim Niedergange, wie hoch es also, zur Raum- und Kostenersparniſs vortheilhaft ist, die in der Mitte der Cisterne heraufgehende Luftableitungsröhre über den Wasserspiegel beim tiefsten Stande des herabgedrückten Luftcylinders zu erheben. Diese Gröſse beträgt nämlich so viel, als erforderlich ist den hohlen Wassercylinder aufzunehmen, welcher den herabgedrückten Luftbehälter umgiebt. Heiſst nämlich der innere Halbmesser des cylindrischen Wasserbehälters R, der äuſsere des Luftcylinders r, die Höhe, bis zu welcher das Wasser beim Herabgehen des letzteren steigen soll, h, so ist der Inhalt des hohlen umgebenden Wassercylinders $= (R^2 - r^2)\,\pi h$. Steigt der Luftbehälter in die Höhe, so sinkt dieser hohle Wassercylinder herab, und bildet einen massiven Cylinder, dessen Inhalt $= R^2 \pi h'$ ist, wenn seine unbekannte Höhe $= h'$ gesetzt wird. Es muſs also $(R^2 - r^2)\,\pi h = R^2 \pi h'$ seyn, woraus h' gefunden werden kann. Soll die Dicke des umgebenden Wassercylinders z. B. bei kleinen Gebläsen 2 Lin. oder $\frac{1}{6}$ Z. betragen,

und werden die sämmtlichen Gröſsen in Zollen ausgedrückt, so ist $h' = \frac{h}{3R}\left(1 - \frac{1}{12R}\right)$ und da $\frac{1}{12R}$ allezeit eine kleine Gröſse ist, so kann $h' = \frac{h}{3R}$ um so richtiger genommen werden, je gröſser der Halbmesser des Gebläses ist, und man darf also annehmen, daſs der aus dem hohlen Wassercylinder sich bildende massive nie völlig den dritten Theil der Höhe von jenem erhalten werde. Uebrigens versteht es sich von selbst, daſs der Luftcylinder eine auf seinen oberen Rand aufgesetzte hohle Trommel haben muſs, deren Höhe so viel beträgt, als der Wasserdruck, welchen man zur Compression der Luft verlangt. Soll daher die Dichtigkeit der eingeschlossenen Luft $\frac{1}{8}$ mehr betragen, als die der atmosphärischen Luft, so müſste die Höhe der Trommel 4 F. betragen, und wenn die Höhe des Luftcylinders gleichfalls zu 4 F. angenommen wird, so betrüge die Gesammthöhe 8 F. und eben so hoch müſste dann auch die Cisterne im Innern vom Boden an gerechnet seyn, das Ableitungsrohr der Luft aber müſste etwas über $4\,F. + \frac{16}{R}\,Z.$ Höhe haben, damit das Wasser beim Aufsteigen des Luftcylinders und dadurch erzeugten Oscillationen nicht in jenes Rohr flieſsen kann.

Man wird selten bei den Gebläsen eine so starke Verdichtung der Luft erhalten können, weil bei groſsen Maschinen nach den oben mitgetheilten Angaben hierzu eine zu groſse Kraft erforderlich wäre, auch ist die hier angenommene Vermehrung der Dichtigkeit der Luft, nämlich um $\frac{1}{8}$ gröſser, als sie zu einem hinreichend starken Gebläse erfordert wird. Das angegebene hydraulische Kettengebläse vermeidet manche dieser Schwierigkeiten, indem der Druck der Wassersäule gegen die cylindrischen Scheiben leicht stark genug ist, um die verlangte Compression der Luft und die auſserdem erforderliche Bewegung hervorzubringen. Inzwischen muſs das Wasser in dem unteren Kasten B eine dem erforderlichen Drucke proportionale Höhe über der unteren Mündung des Luftleitungsrohres F. haben, auch ist leicht abzusehen, daſs der Luftverlust dem Grade ihrer Compression proportional seyn muſs, weil die stärker comprimirte Luft leichter das die Scheiben absperrende Wasser verdrängt und durch die Zwischenräume entweicht. Jenes Gebläse, wo-

Fig. 184.

nach Koch[1] seine Berechnungen anstellte, zeigte 2 F. 0,5 Z. Druckhöhe des Wassers am Elaterometer, und gab also nahe $\frac{1}{16}$ Compression der Luft, welches gewifs in den meisten Fällen hinreichend ist. Nimmt man hinzu, dafs bei diesem Kettengebläse das Ausströmen der Luft mit stets gleichbleibender Geschwindigkeit geschieht, beim hydrostatischen Cylindergebläse dagegen der Luftcylinder erst 2 F. herabsinken mufs, ehe die eingeschlossene Luft die erforderliche Spannung erhält, dafs aber während dieses Herabsinkens ein zunehmend stärkeres Ausströmen nach vorausgegangenem Stillstande desselben statt findet, so ergiebt sich leicht der Vorzug jenes vor diesem. Bei beiden ist die Luft stets mit Wasser in Berührung, folglich feucht, und beim Kettengebläse entschieden am feuchtesten. Verlangt man daher trockene Luft, so kann diese nur durch das Kastengebläse oder gemeine Blasesälge erhalten werden.

B. Kleinere Blaseapparate; Lampengebläse.

Die zweite Classe von Gebläsen fafst diejenigen Apparate in sich, welche bestimmt sind, eine Flamme auf einen bestimmten Punct zu concentriren, und dadurch eine gröfsere Hitze zu erzeugen. Im Allgemeinen ist es bekannt, dafs eine zugespitzte, durch einen starken Luftzug gebildete Flamme eine bedeutende Hitze erzeugt, wie dieses namentlich bei der Glasfabrication in Anwendung kommt. Die Ursachen übrigens, worauf die Wirksamkeit dieser Apparate beruhet, scheinen mir der Hauptsache nach folgende zu seyn, wenn man zugleich berücksichtigt, dafs eine gemeine Lichtflamme in sehr kleinen Massen die Weifsglühhitze erzeugt, wie man an kleinen Enden des Dochtes aus ihrem hellen Glanze abnehmen kann, zugleich aber auch daran wahrnimmt, dafs sich nicht blofs feine Glasfäden in einer gemeinen Lichtflamme schmelzen lassen, sondern dafs selbst feiner Eisendraht und sehr feiner Platindraht in derselben verbrennt. Dennoch aber leistet die gewöhnliche Flamme dasjenige nicht, was sie durch das Blaserohr geblasen zu leisten vermag, zuerst weil dann die sonst so leicht bewegliche Flamme den zu erhitzenden Gegenstand nicht umflackert, und in kleinen Interval-

1 a. a. O. S. 184.

len wieder zur Abkühlung kommen läfst, sondern beharrlich gegen den nämlichen Punct gerichtet ist; dann weil der stärkere Luftstrom nicht blofs die Flamme mit sich fortreifst, sondern sie auch durch das Zuströmen der umgebenden Luft mehr concentrirt, wie denn die durch das Löthrohr angeblasene Flamme allezeit dünner ist, als die frei brennende; endlich drittens, weil die in einem dichteren Strome und mit gröfserer Geschwindigkeit herbeigeführte Luft durch die gröfsere Menge des enthaltenen Sauerstoffgases den Kohlenstoff der Flamme zum vollständigern Verglühen bringt, und überhaupt ein vollkommeneres Verbrennen der Bestandtheile der Flamme bewirkt, als wenn letztere das Sauerstoffgas blofs aus ihrer Umgebung anzieht. Man wird daher auch finden, dafs die mit dem Blaserohre angeblasene Flamme nicht schwalkt, wenn sie gleich frei brennend rufsig und schwalkend ist.

Die wesentlichsten Apparate dieser Classe sind:

a. Das gemeine *Löthrohr*, welches 1738 durch Andreas v. Schwab erfunden, nachher durch Gust. v. Engeström [1] und Torb. Bergmann [2] beschrieben und empfohlen wurde, seitdem aber ungemein häufig, hauptsächlich von den Mineralogen zur Prüfung der Fossilien mit grofsem Nutzen gebraucht wird, aufserdem aber bei der Verfertigung physikalischer Apparate zum Festlöthen kleiner Theile, zum Zuschmelzen feiner Glasröhren u. s. w. vortheilhaft benutzt werden kann. Ueber die Anwendung desselben in der Mineralogie, die hierzu vorgeschlagenen verschiedenen Veränderungen desselben, die zugleich erforderlichen Hülfsapparate, namentlich ein kleines Löffelchen und feines Zängelchen von Platin oder letzteres wenigstens mit Platinspitzen und anderes dergleichen geben die Lehrbücher jener Wissenschaft genügende Auskunft. [3]. Als Material nimmt man zu demselben Glas oder Kupfer, am häufigsten Mes-

1 Halle fortges. Magie. T. III. S. 159. G. v. Engeström Beschreib. eines mineralog. Taschenbuchs u. insbesondere des Nutzens des Blaserohrs in d. Mineralogie. A. d. Schwed. übers. von Weigel. Greifsw. 1774. 8.

2 T. Bergmann de tubo ferruminatorio u. s. w. Vindob. 1799.

3 J. Berzelius von der Anwendung des Löthrohrs in der Chemie und Mineralogie. Uebers. von H. Rose. Nürnb. 1821. v. Leonhard Handbuch der Oryktognosie. Heidelb. 1826. S. 84. woselbst man die weitere Literatur findet.

sing, zuweilen der äufseren Eleganz wegen Silber. Die Form desselben ist im Allgemeinen die konische, wenigstens mufs die Spitze desselben, eben wie die Düsen der gröfseren Gebläse, diese Form haben, und hiernach besteht dasselbe entweder aus einer blofsen umgebogenen konischen Röhre, oder weil leicht Fig. 186. etwas Speichel beim Blasen in demselben hinabläuft, und durch den Luftstrom fortgerissen auf die glühenden Körper kommt, so giebt man ihm den Wassersack a, worin sich jener ansammeln Fig. 187. kann, und um diesen auszugiefsen, zugleich auch um das Ganze näher zusammengelegt leichter zu transportiren oder einzupakken, läfst man es aus drei Stücken bestehen, dem im Munde zu haltenden Rohre b, dem Wassersacke a und der Spitze c, welche eingeschmirgelt sind und ohne Weiteres in einander gesteckt werden.

b. Der *Blasetisch* der Glasbläser, welcher unter den vielfachsten Gestalten hauptsächlich zum Blasen des Glases benutzt wird. Als einfachste Vorrichtung nimmt man ein gewöhnliches gläsernes Löthrohr, welches an der Stelle seiner Biegung eine Kugel zur Aufnahme des Speichels haben mufs, oder auch das zuletzt beschriebene messingene, befestigt dieses auf einem geeigneten Brette, und setzt eine pafsliche Oellampe so vor die Spitze desselben, dafs die Flamme in einer wenig über die horizontale sich erhebende Richtung geblasen wird, und hält das zu schmelzende Glas in dieselbe. Manche Glasbläser haben eine unglaubliche Fertigkeit, auf diese Weise anhaltend mit dem Munde zu blasen, und selbst gröfsere Sachen zu fertigen; im Ganzen aber ist die Methode unbequem, und für viele Apparate ungenügend, weil die, durch anhaltendes Blasen ermüdeten Muskeln des Mundes die Kraft verlieren, alsdann noch das glühend gewordene Glas gehörig aufzublasen, und die verschiedentlich gethanen Vorschläge, sich zu diesem Aufblasen einer Flasche Federharz zu bedienen, diese vorher an die Glasröhren zu binden und dann mit der Hand zu drücken, sind langweilig und ungenügend. Man hat daher neuerdings diese nützlichen Apparate meistens so eingerichtet, dafs unter einem für das Auflegen der Nebenapparate und gefertigten Arbeiten geeigneten Tische sich ein doppelter Blasebalg befindet, welcher durch einen bequemen Mechanismus mit dem Fufse getreten sich mit Luft füllt, und diese mit so viel gröfserer Geschwindigkeit aus einem zweckmäfsig angebrachten Rohre bläst, je gröfser das Ge-

wicht ist, wodurch die obere Hälfte des Blasebalges zusammengedrückt wird. Die Form des Blasebalges ist entweder die gewöhnliche dreikantige, oder die vierkantige, oder am zweckmäfsigsten die cylindrische, weil diese bei der kleinsten Oberfläche den gröfsten Inhalt darbietet. Das aus dem Blasebalge ausgehende Rohr ist an der vorderen Seite durch den Tisch geführt, und vom Arbeiter abwärts gebogen, damit ihm die Flamme nicht beschwerlich wird, auch ist es meistens zum Aufstecken von verschieden weiten Röhrchen eingerichtet, je nachdem man eine gröfsere oder kleinere Flamme verlangt. Zu diesen letzteren nimmt der geübte Glasbläser Greiner jun. in Berlin stets gläserne, denen er den Vorzug einräumt. Aufser einer Lampe von geeigneter Höhe und Form befindet sich an diesen Tischen zuweilen noch die zum Spinnen der feinen Glasfäden bestimmte, und bereits beschriebene Trommel [1].

c. Der eben beschriebene Glasblasetisch ist ein so vollständiger und seinem Zwecke so durchaus entsprechender Apparat, dafs ihn wohl alle diejenigen wählen werden, welche sich viel mit Glasblasen beschäftigen, insbesondere die eigentlichen Künstler in diesem Fache. Für blofse Liebhaber ist indefs diese Vorrichtung etwas kostbar, und kann leicht auf 10 bis 18 Rthlr. zu stehen kommen, wenn alles gut und dauerhaft gefertigt ist. Theils des geringeren Preises wegen, theils weil es auch für andere Gasarten, als atmosphärische Luft gebraucht werden kann und endlich wohl um der unbedeutenden Mühe des Tretens während dem Blasen überhoben zu seyn, läfst sich das *hydrostatische Cylindergebläse* empfehlen, dessen oben (A. c.) Erwähnung geschehen ist, indem Jos. v. Baader dasselbe zuerst mit unbedeutender Veränderung als grofses Gebläse bei Schmelzöfen in Vorschlag und Anwendung gebracht hat. Lavoisier kann wohl als der erste genannt werden [2], welcher sich eines solchen hydrostatischen Gebläses zum Blasen mit Sauerstoffgas bediente, später wandelte er dasselbe indefs mit Meusnier in sein Gasometer um, Jos. v. Baader dagegen gab ihm die bekanntere, jetzt gebräuchliche bequemere Form, welche nach der für physikalische Zwecke bestimmten Einrichtung vollständig durch

1 S. Th. II. S. 512.

2 S. unten C.

Lüdike[1] beschrieben ist. Mann kann dasselbe in beliebiger Höhe und Weite je nach den Zwecken und Bedürfnissen, ausführen lassen. Nach der Durchschnittszeichnung ist ab der Tisch, worauf der Apparat steht, dvfg ist ein Cylinder von Blech, welcher durch die Trichtermündung ev mit Wasser gefüllt werden kann, und zu dessen Steifung bei wx ein Band mit zwei Handhaben angebracht wird, um ihn bequemer zu heben, welches in dem Falle unnöthig ist, wenn der Apparat stets auf demselben Tische bleibt, und mit diesem bewegt wird. In der Axe dieses Cylinders ist die lothrechte Röhre on aufgerichtet, welche etwas über die horizontale Ebene des Cylinders vf emporragt, damit beim Aufheben des inneren Cylinders das Wasser nicht in dieselbe läuft. Auf dem Boden ist diese Röhre rechtwinklich gebogen, bei d tritt sie aus dem Cylinder heraus, hat bei c einen Hahn, und ist zum Aufstecken des eigentlichen Blasrohrs eingerichtet. Soll der Apparat zum Glasblasen benutzt werden, so hat er das Unbequeme, dafs hiernach die Flamme dem Arbeiter entgegengeblasen wird, welchem Uebelstande aber leicht abzuhelfen ist, wenn man diese Ausgangsröhre bei c rechtwinklich umbiegt und bis zur erforderlichen Weite fortführt; denn obgleich die Geschwindigkeit der Luftströmung durch eine solche Biegung verliert, so bleibt sie doch für die gewöhnlichen Zwecke leicht stark genug. Aus diesem äufseren Cylinder endlich geht unten die Röhre mit dem Hahne h, um das Wasser abzulassen. Die Höhe dieses Cylinders ist dann hinreichend, wenn der innere Cylinder in ihm bis zur Grenze seines Randes kl herabsinken kann, vorausgesetzt, dafs man nur einen geringen Luftdruck verlangt, welcher einer dem aufgesetzten Rande tk gleichen Wasserhöhe proportional ist; soll dagegen der Luftdruck stärker seyn, so mufs dieser Rand und zugleich der äufsere Cylinder höher werden.

Fig. 188.

In diesem äufseren Cylinder ist ein im Durchmesser um 2 Lin. kleinerer umgestürzter iklm eingesenkt, welcher als eigentlicher Luftbehälter dient, nur bis an ts reicht, und hier einen aufgesetzten Rand hat, dessen Höhe von 2 bis 12 Z. betragen kann, je nachdem man eine geringere oder gröfsere Compression der eingeschlossenen Luft verlangt. Inzwischen ist das angegebene Minimum noch gerade hinreichend, und das Maxi-

1 G. I. 1.

mum giebt schon eine genügende Compression, wenn dieselbe nicht bedeutend stark seyn soll. In der Mitte auf dem oberen Deckel dieses Cylinders ist die Röhre p aufgesetzt, deren Höhe bis an den Hahn in das Niveau kl fallen, und deren Weite so seyn muſs, daſs das obere Ende der Röhre o bequem darin aufgenommen wird. Auf dieselbe ist eine engere messingene Röhre mit dem Hahn u befestigt, welcher geöffnet werden muſs, wenn man den inneren Cylinder wieder mit Luft, deſsgleichen auch dann, wenn man denselben in das Wasser herabsenken, dadurch die atmosphärische Luft aus ihm entfernen, und ihn dann mit irgend einer Gasart füllen will. Soll der Apparat bloſs zum Blasen mit atmosphärischer Luft dienen, so ist der Hahn überflüssig, und man kann wohlfeiler dieses obere Ende der Röhre mit einem bloſsen Korke verstopfen, welchen man herausnimmt, um den Cylinder in die Höhe zu heben und wieder mit Luft zu füllen; soll der Apparat indeſs zugleich für andere Gasarten benutzt werden, so ist der Hahn allerdings nothwendig. Der untere Rand des inneren Cylinders ist in die Höhe gebogen, und bildet bei im eine Rinne. Diese dient dazu, um Blei (Schrot) hineinzuschütten, so viel, als erforderlich ist, damit der innere Cylinder sich tief genug in das Sperrwasser im äuſseren Cylinder herabsenkt. Ist diese Tiefe etwas bedeutend, so kommt dadurch der Schwerpunct des innern Cylinders tiefer zu liegen, und er wird auch bei beträchtlicher Höhe nicht umschlagen, widrigenfalls muſs der äuſsere Cylinder einige Streben haben, um dieses Umschlagen zu verhüten. Es scheint mir indeſs überflüssig, diese näher zu beschreiben, da jeder geübte Arbeiter selbst leicht ein Mittel finden wird, dieses Umschlagen zu verhüten, falls es zu befürchten wäre, welches um so leichter der Fall seyn muſs, je höher der innere Cylinder im Verhältniſs zu seinem Durchmesser ist, und je weniger tief derselbe in das Sperrwasser einsinkt. Aus dieser Ursache und zugleich des geringeren Preises wegen ist es vortheilhaft, den innern Cylinder von sehr dünnem Bleche verfertigen zu lassen, zur Höhe ti aber nicht mehr als den doppelten Durchmesser zu wählen. Sinkt er dann tief ein, so kommt durch das Uebergewicht des Bleies in der Rinne im, welches anfangs empirisch gleichmäſsig in der ganzen Rinne vertheilt werden muſs, der Schwerpunct des ganzen Cylinders unter den der verdrängten Wassermasse, und der Cylinder wird von selbst mit vertical gerichteter Axe

schwimmen, am eigentlichen Umschlagen aber ohnehin durch den geringen Zwischenraum zwischen ihm und dem äufseren Cylinder gehindert werden.

Es ist schon oben (A. c) erwähnt, dafs Jos. v. Baader dieses hydrostatische Cylindergebläse auch im Grofsen für Schmelzöfen in Anwendung gebracht hat. In diesem Falle ist die Einrichtung im Wesentlichen dieselbe, aufser dafs der Mechanismus für die zuströmende Luft ein anderer seyn mufs, weil dieses Zuströmen bei ungleich schnellerer Bewegung in weit kürzerer Zeit geschehen soll. Zu diesem Ende wird neben dem Rohre on noch ein anderes, durch den Boden gehendes Rohr angebracht, durch welches die Luft beim Aufsteigen des innern Cylinders in denselben tritt. Beide Röhren werden dann mit einem Klappenventile versehen, die eben genannte mit einem solchen, welches sich nach oben öffnet, und also zufällt, sobald der innere Cylinder mit Luft gefüllt, herabzugehen anfängt, die Röhre on dagegen mit einem diesem entgegengesetzten, welches sich also beim Heraufgehen des Cylinders schliefst, damit die bereits herausgedrückte Luft nicht wieder in den Cylinder treten könne, beim Herabgehen des letzteren sich dagegen öffnet, um die enthaltene Luft frei ausströmen zu lassen. Dafs in diesem Falle, so wie bei allen diesen grofsen Gebläsen, ein zweckmäfsiger Mechanismus erforderlich sey, um den Cylinder zu heben, damit er durch sein eigenes und aufgelegtes Gewicht die Luft gehörig zusammenpresse und zum Ausströmen aus der Blaseröhre zwinge, ferner dafs man zu einem anhaltenden Gebläse wenigstens zwei solcher Cylinder bedürfe, welche in ihrer Bewegung wechseln und den Luftstrom (Wind) in die gemeinschaftliche Düse vereinigen oder in den nämlichen Windkasten münden, versteht sich von selbst, auch kann ich rücksichtlich des Uebrigen auf dasjenige verweisen, was oben in den theoretischen Betrachtungen mitgetheilt ist.

Als eine Abänderung des beschriebenen kleineren Gebläses von Baader ist dasjenige anzusehen, welches John Tilley zu Versuchen mit dem Löthrohre in Vorschlag gebracht hat, in welchem der Luftbehälter unbeweglich ist, das Sperrwasser aber aus einer zweiten Abtheilung des Wasserkastens vermehrt und dadurch ein stärkerer Druck desselben gegen die eingeschlossene Luft hervorgebracht wird. Das Blasen in diesen zweiten ganz abgeschlossnen Raum, dessen Wasser durch vermehrten Luft-

druck in die zweite Abtheilung getrieben werden soll, geschieht durch ein Rohr mit dem Munde oder mit einem Blasebalge [1]. Eine genauere Beschreibung scheint mir indefs überflüssig, da der Apparat dem Baader'schen entschieden nachsteht.

Auch Hare hat ein hydrostatisches oder von ihm so genanntes hydropneumatisches Gebläse angegeben, welches sowohl für atmosphärische Luft als auch für Sauerstoffgas bestimmt ist, und im ersten Falle die leicht wandelbar werdenden Blasebälge, im letzteren Lavoisier's zu kostbares Gasometer ersetzen soll. Im Wesentlichen besteht es aus einer in zwei Abtheilungen getheilten und mit Wasser gefüllten Tonne, in welche die Luft oder das Sauerstoffgas durch einen im Boden befindlichen Blasebalg gebracht und dann durch den hydrostatischen Druck des Wassers comprimirt wird [2]. Im Ganzen scheint mir aber auch dieses mehr zusammengesetzt und minder brauchbar als das Baader'sche, und bedarf daher hier keiner ausführlichen Beschreibung. Als eine Eigenthümlichkeit desselben kann indefs erwähnt werden, dafs Hare auch beide Räume der Tonne mit Luft füllte, und auf diese Weise die Flammen von zwei Lampen zur Verstärkung der Hitze vereinigte.

C. Gebläse, bei denen die elastischen Flüssigkeiten in die Flamme übergehen, oder dieselbe erst bilden.

Diese dritte Classe von Gebläsen ist in unmittelbarer Beziehung auf die Physik und Chemie bei weitem die wichtigste, und begreift verschiedene Apparate, welche eine Hitze von der geringsten bis zur unglaublichsten geben, und früher kaum geahndete Schmelzungen zu bewirken vermögen. Die wichtigsten derselben sind folgende:

a. Das am wenigsten zweckmäfsige ist das *Weingeistlampengebläse,* welches hauptsächlich zum Glasblasen empfohlen

1 Aus dem Phil. Mag. and Journ. 1814. April bei Schweigg. Journ. XIV. 261.

2 Aus der weitläuftigen Abhandlung in Philos. Mag. Nr. LV. S. 238 u. Nr. LVI. 298 ausgezogen in Gehlen's N. Journ. I. 288. auch in G. Ann. LV. 43.

und in verschiedenen Formen ausgeführt ist[1]. Im Wesentlichen besteht dasselbe aus einem Gefäſse mit Weingeist, welcher über einer Lichtflamme befindlich in Dampf verwandelt wird, so daſs dieser letztere aus einem engen Blaserohre ausströmend wieder in seine Flamme bläst, und den Luftstrom ersetzt. Die beste und gewiſs elegante Gestalt hat Hooke[2] dieser Blaselampe gegeben, weſshalb sie in England jetzt häufig angewandt wird. Fig. 189. In der Zeichnung ist F der Körper einer Lampe von antiker Form mit einer gebogenen Handhabe, welche bei E in einen Vogelkopf endet. A ist eine mit Weingeist gefüllte Kugel, welche bei a eine Schraube hat, damit man sie mit Weingeist füllen und dann wieder fest verschlieſsen kann, bei b aber ein Sicherheitsventil, auf den Fall, daſs die Elasticität der erzeugten Dämpfe zu stark werden und die Kugel mit Gefahr zersprengen könnte. Aus dem oberen Theile der Kugel geht das gekrümmte Blaserohr BB, welches sich bei C in eine zum Blasen geeignete Spitze endigt. Diese bläst gegen die Flamme D, biegt sie um, und ersetzt hierdurch den Blasebalg, mit dem Unterschiede, daſs hier die Weingeistdämpfe die Stelle der atmosphärischen Luft vertreten. Die Hitze der Flamme ist hierbei noch stark genug, um den Weingeist im Sieden zu erhalten, und die Dämpfe desselben fortwährend zu erzeugen. Fürchtet man, daſs sie hierzu nicht hinreichend sey, so müſste eine besondere Flamme unter der Kugel für diesen Zweck angebracht werden. Von dieser Art ist diejenige Lampe, welche Pictet in London sah und auf dem Continente bekannt machte[3]. Eine länglicht gebogene Lampe A hat zwei Flammen, wovon die kleinere das Fig. 190. mit Weingeist gefüllte Gefäſs B erhitzt, die zweite gröſsere bei F zum Schmelzen bestimmt ist. Das Weingeistgefäſs ruhet in einem messingenen Ringe H, aus welchem es bequem herausgenommen und wieder gefüllt werden kann, der Ring aber ist vermittelst eines durch eine Feder angeklemmten verschiebbaren

1 Aeltere Einrichtungen, z. B. die von Nollet angegebene S. dessen Kunst physikalische Versuche anzustellen III. Th. Leipz. 1771. S. II. 1. Taf. 1. Fig. 1 bis 4. übergehe ich. Die nachfolgende Beschreibung ist aus der Encyclop. méth. Th. II. p. 371. Pl. LVI. fig. 574 genommen.

2 Nicholson's Journ. 1803. Nr. 14. p. 106. Daraus in Gehlen's Journ. II. 630.

3 Voigt Mag. V. 255. Scherer's Journ. X. 349.

Trägers GE an der messingnen Stange D fest, und kann nach Bedürfniſs höher und niedriger gestellt werden, indem sich noch auſserdem die Stange D vermittelst der Klemmschraube J verschieden stellen läſst. Aus dem Gefäſse B strömen die Weingeistdämpfe durch das gebogene Rohr C, und blasen gegen die gröſsere Flamme der unteren Lampe.

Die erste der beschriebenen Lampen hat den Vorzug des Sicherheitsventiles und daſs sie die nämliche Flamme zum Blasen und zum Erhitzen des Weingeistes gebraucht, allein theils ist die Consumtion des theurern Weingeistes im Verhältnisse zum Oele bei ihr bedeutend stark, theils ist die Hitze der Weingeistflamme nicht so stark, als die einer Oelflamme, und die unter der Kugel brennende Flamme muſs bedeutend stark seyn, wenn sie durch das Blaserohr nicht völlig umgebogen, und zur Bildung der Weingeistdämpfe noch die erforderliche Stärke behalten soll. Die zweite, durch Pictet empfohlene Lampe hat den Vorzug der Verschiebbarkeit des Weingeistgefäſses, um hierdurch und durch Vergröſserung oder Verkleinerung der hierzu eigends bestimmten Flamme die Stärke des Dampfstromes zu reguliren. Endlich kann die zum Schmelzen bestimmte Flamme der Oel- oder Unschlittlampe bedeutend verstärkt werden, so daſs man durch diese eine hinlängliche starke Hitze zu erzeugen vermag. Sie hat indeſs die groſse Unbequemlichkeit, daſs das Gefäſs B durch den Schwalk der Lampe ungemein besudelt wird, so daſs sie sich mit Reinlichkeit gar nicht handhaben läſst, und ich möchte daher rathen, das Gefäſs A so abzutheilen, daſs die vordere Flamme durch Oel genährt würde, die hintere aber aus einer eigenen, in einen abgetheilten Raum der Lampe A eingesetzten Weingeistlampe hervorginge, um diese nach Belieben herausnehmen und mit Weingeist füllen zu können. Uebrigens hat die durch Weingeistdämpfe geblasene Flamme bei weitem die Hitze nicht, als die mit atmosphärischer Luft geblasene, indem die zugeführten Weingeistdämpfe die Hitze eher schwächen als vermehren, und die gröſsere Intensität der Hitze, welche sie der Flamme geben, beruhet hauptsächlich auf dem Strome der atmosphärischen Luft, welchen sie mit sich fortreiſsen. Verlangt man indeſs beim Blasen keine bedeutende Intensität der Hitze, insbesondere für kleine Versuche mit dem Löthrohre, oder zum Festlöthen kleiner Stücke, oder zum Biegen nicht sehr dicker Glasröhren, so ist das Pictet'sche Alkoholge-

bläse hierzu ein wohlfeiler und bequemer Apparat. Ihm gleichkommend und gleichfalls in sehr kleinem Maſsstabe ausführbar ist die bekannte, durch v. MARQUARD angegebene Blaselampe [1]. Auf die mit einem des Luftzuges wegen durchbrochenen Rande versehene Weingeistlampe A wird das konische, Fig. 191. gleichfalls mit etwas Weingeist gefüllte Gefäſs B gesetzt, welches oben das aufgeschrobene und gebogene Blasrohr C hat. In der geeigneten Höhe steht auf einem Pfosten die kleine Oellampe D, welche zum höher oder tiefer Stellen mit einer Schraube versehen ist, und erst angezündet wird, wenn man das Ausströmen des Weingeistdampfes wahrnimmt.

b. Als zweites Gebläse dieser Art kann das *Sauerstoffgasgebläse* genannt werden. Die Leichtigkeit, womit eine Stahlfeder in Sauerstoffgas verbrennt, muſste bald auf den Gedanken führen, diese Gasart als Gebläse zur Erzeugung einer Hitze von groſser Intensität zu gebrauchen, und ACHARD war einer von den ersten [2], welcher dieses auf eine sehr einfache Weise in Ausübung brachte, indem er das Sauerstoffgas in eine Thierblase mit einem Blaserohre füllte, und gegen die Kohlen blies, worin er Platin schmolz, Eisen verbrannte und selbst Schmelztiegel verglasete. Seine Versuche wurden sehr allgemein bewundert und von vielen wiederholt. LAVOISIER bediente sich anfangs gleichfalls einer Blase, nachher aber eines hydrostatischen Gebläses, oder seines Gasometers, womit er 1782 eine groſse Reihe von Versuchen anstellte [3], welche nachher durch FOURCROY u.m.a. wiederholt wurden. Seitdem sind verschiedene mehr oder minder zweckmäſsige Vorschläge zur Construction solcher Maschinen gethan, z. B. von GÖTTLING [4], insbesondere die bekannteste von EHRMANN, welche der elektrischen Lampe nachgebildet ist, und von ihm zu einer sehr weitläuftigen Reihe von Schmelzversuchen benutzt wurde [5]. Viele spä-

1 Scherer's Journ. III. 383.

2 Mém. de Berlin année 1779. Samml. physikal. u. chem. Abh. I. 135.

3 Mém. de l'Acad. des Sc. de Paris Année 1782. p. 457. Fourcroy Mém. et observ. de Chemie, cet. publiés par l'Auteur. Par. 1782. 8. Dessen Chem. Beob. u. Versuche. Leipz. 1785. 8.

4 Acta Acad. Mogunt. 1784.

5 Versuche einer Schmelzkunst mit Beihülfe der Feuerluft. Straſsb. 1786. 8.

tere Versuche, durch Anblasen der Kohlen mit Sauerstoffgas eine sehr großse Hitze zu erzeugen, z. B. von Lampadius[1] u. a. kann ich als bekannt übergehen.

c. Marcet's Lampe machte durch die unglaubliche Hitze, welche durch sie erzeugt werden kann, viel Aufsehen, und sie würde wegen dieser ihrer Wirksamkeit und der Bequemlichkeit ihrer Construction ganz allgemein in die physikalischen und chemischen Geräthschaften eingeführt seyn, wenn sie nicht unmittelbar nach ihrer Erfindung durch das noch wirksamere Knallgasgebläse wieder verdrängt wäre. Beide fallen übrigens hinsichtlich des zum Grunde liegenden physikalischen Princips zusammen, indem bei jener der Wasserstoff der Weingeistflamme den brennenden Strom des Wasserstoffgases bei diesem ersetzt. Marcet's Lampe besteht nämlich aus einer bloßsen Weingeistlampe, welche durch einen Strom Sauerstoffgas angeblasen wird, wie die gemeine Lichtflamme vermittelst des Löthrohres durch einen Strom atmosphärischer Luft. Das Sauerstoffgas liefs der Erfinder aus einem gemeinen Gasometer geblasen werden, und schmolz mit dieser Flamme nicht blofs Platin, und verbrannte starken Stahldraht, sondern brachte auch feine Quarznadeln zu einer Art Schmelzung [2]. Der erste, von welchem eine Wiederholung dieser Versuche auf dem Continente bekannt wurde, ist Stromeyer, auch bediente er sich der nämlichen Apparate als der Erfinder, mit Ausnahme dafs er zweckmäfsig statt eines blechenen Gasometers einen gläsernen nach der von Ehrmann angegebenen Construction anwandte. Die Angaben Marcet's fand er vollkommen bestätigt, indem ein Platindraht von 0,5 Millim. Durchmesser verbrannte, ein anderer von 1,75 Millim. schmolz, ein Stück sibirischen Meteoreisens in Flufs kam und Quarz in eine durchsichtige Glasperle verwandelt wurde; sibirischer Doppelspath und Magnesit kamen nur zu einer Art von Zusammensinterung [3]. Den bis dahin für unschmelzbar gehaltenen Aluminit dagegen brachte er in vollständigen Flufs. [4].

d. *Knallgasgebläse.* Ein Theil Sauerstoffgas mit zwei Theilen Wasserstoffgas, beides dem Volumen nach, mit einander

1 Schweigg. J. X. 175.
2 Ann. of Phil. II. 99. Schweigg. J. XI. 45. G. LII. 282.
3 Schweigg. XV. 270.
4 G. LIV. 106.

vereinigt geben das bekannte Knallgas, welches sehr leicht und mit einer furchtbaren Explosion verbrennt, und Wasser bildet. Kann man dasselbe aber als Flamme verbrennend erhalten, so entbindet diese eine ganz unglaubliche und bisher durchaus unerwartete Hitze. Es giebt zweierlei Arten, eine solche Flamme darzustellen, wonach diese Art des Gebläses in zwei, ihrem Wesen nach identische, der Form nach verschiedene Species zerfällt, welche einzeln beschrieben und rücksichtlich ihrer Wirkungen verglichen zu werden verdienen.

1. *Hare'sches Gebläse.* Seinem wesentlichen Charakter nach werden bei demselben beide Gasarten einzeln aufbewahrt, und blasen entweder einzeln auf einen glühenden Körper, oder werden erst unmittelbar von dem Ausströmen aus dem gemeinschaftlichen Blaserohre vereinigt. Hare selbst scheint beides als gleichwirksam anzusehen, inzwischen finde ich nicht, dafs man die erstere Art in Anwendung gebracht habe; Boeckmann aber versicherte mich, er habe eine solche Vereinigung beider einzelner Gasströme aus zwei grofsen Gasometern versucht, ohne einen bedeutenden Erfolg rücksichtlich der erzeugten Hitze wahrzunehmen, und hiermit ist es wahrscheinlich übereinstimmend, wenn gleich anfangs dieses Gebläse der Marcet'schen Lampe so sehr nachgesetzt wurde. Ueberhaupt hat man dieses Gebläse neben dem *Newman'schen* oder *Clarke'schen* fast ganz vergessen, und daher die Verbesserungen seiner Construction bekannt zu machen unterlassen. Hare selbst bediente sich seines oben erwähnten hydropneumatischen Gebläses, füllte den einen Raum desselben mit Wasserstoffgas, den andern mit Sauerstoffgas, vereinigte beide Gasströme unmittelbar vor dem gemeinschaftlichen Blaseröhrchen und entzündete den Gasstrom beim Austritte aus demselben. Um aber gegen eine Explosion gesichert zu seyn, gab er der Wasserstoffgasröhre keinen gröfseren Durchmesser, als dafs man gerade mit einer gewöhnlichen Stecknadel hineinkonnte, dem Sauerstoffgasröhrchen aber nur $\frac{1}{3}$tel dieser Weite, und regulirte noch aufserdem die Strömung durch Hähne, bis er das richtige Verhältnifs der Mischung erhielt [1]. Dieses *Hare'sche Gebläse* ist sicher vielfach ausgeführt, allein ich finde nirgend angegeben, dafs man die anfängliche, von dem Erfinder gewählte, eigenthümliche Construction des-

1 S. a. o. a. O.

selben beibehalten habe, vermuthlich deſswegen, weil sein hydropneumatisches Gebläse schon allein wegen der Blasebälge, welche die beiden Gasarten zuführen sollen, manche Unbequemlichkeiten hat, indem es namentlich nicht leicht ist, sie mit Gasarten zu füllen und diese zugleich rein und gehörig unvermischt zu erhalten, die übrigen mannigfachen Hindernisse nicht gerechnet. Dasselbe wurde daher auch wenig beachtet, und seit seiner Erfindung im Jahre 1801 machten erst 1815 die durch Silliman wiederholten Versuche[1] auf die groſse Schmelzkraft desselben abermals aufmerksam, jedoch wurde es der um diese Zeit bekannten Marcet'schen Lampe selbst in seinen Wirkungen nachgesetzt. Als man aber vollends das Newman'sche Gebläse mit Knallgas kennen gelernt hatte, und Clarke die durch dasselbe bewirkten Schmelzungen in gröſster Zahl bekannt machte, wurde Hare's Gebläse fast ganz vergessen. Die sich beim Gebrauche des letzteren bald zeigende Gefahr führte indeſs den Wunsch herbei, die beiden Gasarten getrennt zu erhalten.
Fig. 192. Edwards schlug daher vor, den Kasten des Newman'schen Gebläses A durch eine Scheidewand aa in zwei ungleiche Hälften b, b zu theilen, in der doppelt so groſsen das Wasserstoffgas und in der anderen das Sauerstoffgas zu comprimiren, aus jedem ein besonderes Rohr B, B′ zu führen, jedes von diesen mit einem eigenen Hahne zu versehen, und erst am Ausgange mit einer gemeinschaftlichen Mündung D zu versehen[2]. Dabei wird nicht angegeben, ob der Hahn für Wasserstoffgas eine gröſsere Oeffnung gehabt habe, oder auf welche Weise das richtige Mengungsverhältniſs beider Gasarten erreicht sey. Murray wollte daher drei gleich groſse Gefäſse mit gleich weiten Hähnen, zwei für Wasserstoffgas und eins für Sauerstoffgas nehmen; allein nach den Gesetzen der Pneumatik würde hierdurch der beabsichtigte Zweck nicht erreicht werden. Weil die Scheidewand zwischen beiden Gasarten schadhaft werden könnte, so rieth ein anderer, beide Gefäſse zu trennen; ein dritter brachte doppelte Scheidewände mit einer zwischenliegenden Lage Wasser in Vorschlag u. dergl. m.

1 Bruce's Amer. mineralog. Journ. I. 97. daraus in Journ. de Phys. LXXX. 137. und Ann. de Chem. LX. 81.

2 The London med. surg. and pharm. Repository. 1816. Nov. daraus in G. Ann. LXII. 270.

G. G. Schmidt vereinigte zwei solche hydrostatische Gebläse, als womit er seine schätzbaren Versuche über die Ausströmungsgeschwindigkeiten verschiedener Gasarten aus Röhren von ungleicher Länge und Weite anstellte, das eine von gedoppeltem Inhalte des andern, liefs die getrennten Gase aus beiden in einer weiteren Röhre sich mengen und aus dieser durch eine enge Blaseröhre strömen, wobei die Quantitäten jedes einzelnen Gases durch einen Hahn regulirt wurden [1]. Die Construction stimmt im Wesentlichen mit derjenigen überein, welche ich sogleich näher beschreiben werde, scheint mir derselben aber an Bequemlichkeit und rücksichtlich der Gröfse, in welcher derselbe, aus gläsernen Gefäfsen bestehend, ausführbar ist, etwas nachzustehen, wefswegen ich eine weitere Beschreibung erspare.

Dasjenige Knallgasgebläse, dessen ich mich bisher seit zehn Jahren bedient, und womit ich einige früher bekannt gemachte Versuche angestellt habe [2], besteht aus zwei verbundenen Gasometern von der Art, wie sie Fürstenberger zu seinen bekannten elektrischen Zündlampen benutzte, und ich halte diese Construction noch jetzt in demjenigen Falle für die beste, wenn jemand die Verminderung der verbrauchten Gase oder die Menge der noch vorhandenen durch das Glas sehen will. Weil aber alle Gebläse an Wirksamkeit bedeutend zunehmen, wenn man die Flamme vergröfsert, und in dieser Hinsicht mir das Knallgasgebläse noch in seiner Kindheit zu seyn scheint, eine Folge davon, dafs man die Compression des Knallgases als nothwendige Bedingung zur Erzeugung einer starken Hitze ansieht, so lasse ich jetzt zwei oben beschriebene Baader'sche Cylindergebläse mit einander verbinden, wovon das für die Aufnahme des Wasserstoffgases bestimmte 18 Z. Höhe und 12 Z. Durchmesser hat, das zur Aufnahme des Sauerstoffgases dienende aber bei gleicher Höhe nur 10 Z. Durchmesser, und wobei die Vereinigung beider Gase erst unmittelbar vor dem Blaserohre geschieht. Die Compression der Gase wird hierbei zwar nur 4 Z. Wasserhöhe betragen, allein ich glaube überzeugt zu seyn, dafs dieses genügend ist. Zur bequemen Füllung hat der Sauerstoffgascylinder oben eine durch einen Guericke'schen Hahn verschliefs-

1 G. LXVI. 84.
2 G. LXVIII. 66.

bare Röhre, in welche eine andere, mit einer Thierblase verbundene pafst, um letztere mit Sauerstoffgas zu füllen und dieses nach Oeffnung des Hahns durch Emporhebung des inneren Cylinders in denselben zu bringen; das für Wasserstoffgas bestimmte Gefäfs dagegen erhält eine ähnliche Röhre, in welche aber ein Entbindungsrohr geschroben wird, um das Gas aus der Entbindungsflasche unmittelbar hineintreten zu lassen, und bei dem stärkerem Verbrauche desselben während der Versuche zu erneuern. Hierdurch wird zugleich einer möglichen Verwechslung der Gase beim Einfüllen, und der Erzeugung von Knallgas vorgebeugt. Durch aufgelegte Gewichte läfst sich der hydrostatische Druck des Wassers und somit die Compression der Gase leicht reguliren, und ist stets gleichmäfsig, die Gasometer mögen mehr oder weniger mit Gas gefüllt seyn, indem der unbedeutende, aus dem tieferen Einsinken des inneren Cylinders in das Sperrwasser entstehende Unterschied bei der Dünne des Bleches, woraus derselbe verfertigt ist, füglich vernachlässigt werden kann. Die Gröfse der Cylinder wird es gestatten, die Weite des Blaserohres von 0,1 bis 1 Lin. zu vermehren. Zur vollständigen Uebersicht der Construction genügt die verticale
Fig. Durchschnittszeichnung. Bei der für das Wasserstoffgas be-
193. stimmten Abtheilung ist ABCD der äufsere, bis oben mit Wasser gefüllte Cylinder oder die Cisterne von Messingblech hart gelöthet, welcher auf dem hölzernen, mit vier 6 Z. hohen Füfsen versehenen Brette DE ruhet; FGHI ist das unten offene und mit einem Bleistreifen *αα* versehene Gasometer, dessen oberer Boden PP so weit vertieft ist, als es in das Sperrwasser zur Erhaltung der erforderlichen Druckhöhe herabsinken soll. QR ist das zum Ausströmen des Gases dienende Rohr, welches auf dem Boden festsitzend, dort rechtwinklich gebogen aus dem Cylinder heraustritt, oder bei harter Löthung mündet es besser in der Mitte des Bodens, und das unter letzterem hinlaufende Luftrohr wird in dasselbe geschroben oder gesteckt. Um alles Gas zu verbrauchen, ohne dafs die Druckhöhe bedeutend abnimmt, reicht das Luftrohr QR so hoch hinauf, als der obere Rand der Cisterne, und zur Aufnahme seines obersten Endes beim tiefsten Herabsinken des Gasometers dient das hohle Rohr M mit dem Guericke'schen Hahn L und einer Mutterschraube O zur Aufnahme des Entbindungsrohrs. Endlich ist an der hinteren Seite über dem Boden ein Hahn zum Abzapfen

des Wassers angebracht, wenn man dieses erneuern will. Ist der Bleistreifen unten am Rande des Gasometers nicht bedeutend schwer, und sinkt diesemnach letzteres nicht hinlänglich tief ein, so würde es beim obersten Stande umschlagen, kann hiergegen aber leicht durch einige Streben an der Seitenwand der Cisterne oder auf sonstige Weise gesichert werden. Auf gleiche Weise construirt ist das für das Sauerstoffgas bestimmte Gasometer, nur etwas geringer von Durchmesser, und die gleichen kleinen Buchstaben haben die nämliche Bedeutung, als bei dem eben beschriebenen die grofsen; blofs die obere Oeffnung der Röhre o hat keine Schraube, sondern ist zur Aufnahme des Rohres der mit Sauerstoffgas gefüllten Thierblase konisch ausgeschmirgelt. Die Füllung des Apparates versteht sich eigentlich von selbst. Sind nämlich die Hähne, womit jedes nach aufsen hervorstehende Ende der Gasröhren QR und qr versehen ist, verschlossen, und die Cisternen bis RR und rr mit Wasser gefüllt, so werden die Gasometer nach geöffneten Hähnen L und l hineingesenkt, bei deren Niedersinken die atmosphärische Luft von selbst aus O und o entweicht. Sind sie bis auf den Boden der Cisternen herabgesunken, so mufs das Wasser bis zum Rande AC, ac gestiegen seyn, oder es wird die hierzu erforderliche Menge nachgegossen. Dann wird das Entbindungsrohr des Wasserstoffgases auf O geschraubt, und das Gasometer steigt von selbst, so wie es sich mit dem Gase füllt, in o dagegen wird das Rohr der mit Sauerstoffgas gefüllten Thierblase hineingesteckt, und das Gasometer etwas in die Höhe gehoben, so dafs die Blase sich in dasselbe entleert. Zum Ueberflufs will ich endlich noch bemerken, dafs blofs die beiden Gasröhren aufserhalb der Gasometer vor ihrer Vereinigung jedes mit einem Hahne versehen seyn müssen, das eigentliche Blasrohr darf aber keinen solchen haben, denn wenn sonst die ersteren geöffnet sind und der letztere verschlossen wird, so werden beide Gasarten in beiden Gefäfsen gemengt, und es bildet sich Knallgas. Ein ähnliches Gebläse, als das hier beschriebene ist dasjenige, dessen sich G. G. Schmidt [1] bediente, mit dem Unterschiede, dafs das Gasometer in demselben nicht beweglich ist, die gleichbleibende Compression der Gase durch zugegossenes Wasser erhalten werden

1 Hand- und Lehrbuch der Naturlehre. S. 360.

mufs, und die Füllung der Gasometer mit einiger Schwierigkeit in der pneumatischen Wanne geschieht.

Beim Gebrauche dieses Apparates scheint es mir am besten, die anfängliche allmälige Erhitzung der Substanzen zuerst durch die blofse Wasserstoffgasflamme zu bewirken, dann die Oeffnung des Hahns für Sauerstoffgas so zu reguliren, dafs die Flamme die gröfste Intensität der Hitze erhält, welches man bei einiger Uebung ohne Schwierigkeit erreicht. Will man indefs bei gleichem Drucke Wasserstoffgas und Sauerstoffgas dem Volumen nach im Verhältnifs von 2 : 1 verbinden, so giebt G. G. Schmidt hierfür die Formel

$$D' : D'' = \sqrt[4]{\triangle} : \sqrt[4]{4\delta}$$

worin D′ und D″ die Durchmesser der Röhren, $\triangle$ und δ die Dichtigkeiten von Sauerstoffgas und Wasserstoffgas bezeichnen. Wird hierin $\triangle = 15$; $\delta = 1$ gesetzt, so erhält man das Verhältnifs der Durchmesser = 1,392 : 1.

d. *Newman'sches Knallgasgebläse* wurde allmälig aus dem Sauerstoffgasgebläse und der Marcet'schen Lampe gebildet. J. Brooke wollte nämlich überhaupt den Gasstrom beim Löthen gleichmäfsiger machen, und wählte hierzu das Mittel, die Luft in einem kupfernen Gefäfse zu comprimiren[1]. Er liefs sich daher durch Newman einen hierzu bequem eingerichteten Apparat verfertigen, wo ihn Dr. Clarke sah, und zum Blasen mit Sauerstoffgas gegen eine Weingeistlampe benutzte. Weil aber die letztere nicht Wasserstoffgas genug enthielt, so rieth ihm Newman, das Knallgas selbst als Flamme zu benutzen, und gegen die Explosion durch hinlängliche Abkühlung in einer langen und engen Glasröhre zu sichern. Mit einem auf diese Weise eingerichteten Apparate, dessen Construction im Wesentlichen nachher beibehalten ist, stellte Clarke bald die lange Reihe merkwürdiger Versuche an, welche die Aufmerksamkeit allgemein auf dieses neue Mittel zur Erzeugung unglaublicher Hitze richtete. Dieses erste Gebläse bestand aus einem ganz verschlossenen kupfernen Gefäfse C, 4 Z. lang, 3 Z. breit und 3 Z. hoch. Auf diesem befindet sich die Compressionspumpe D, deren Stange in einer Lederbüchse luftdicht bewegt wird. An der

Fig. 194.

1 Ann. of Phil. VII. 367. vom Jahre 1816.

Seite ist eine Oeffnung, durch welche die Luft in die Pumpe strömt, in welche aber auch ein Hahnstück geschroben werden kann, mit einer Blase oder sonstiger Vorrichtung, um Sauerstoffgas oder irgend eine andere Gasart, namentlich Knallgas in die Pumpe zu bringen. In das Blaserohr AB endlich, durch welches die Luft nach der Oeffnung des Hahns ausströmt, wird eine etliche Zolle lange und nur $\frac{1}{80}$ Z. weite Glasröhre gesteckt, an deren Ende man das ausströmende Gas entzündet, und die zu schmelzende Körpern in die Flamme hält [1]. Clarke gebrauchte diesen Apparat lange, und stellte eine grofse Reihe höchst interessanter Versuche damit an [2], wobei aber das anfangs volle 4 Z. lange Glasröhrchen durch Abspringen kleiner Stückchen zuletzt bis $1\frac{1}{8}$ Z. verkürzt, und dann mit einem andern $\frac{1}{60}$ Z. weiten vertauscht wurde. Hiernach aber entzündete sich die Knallluft im Apparate, und zersprengte denselben mit furchtbarer Explosion, wobei Hahn und Pumpe fortgeschleudert, die Seiten des Kastens umgebogen wurden, und ein Stück des Kupfers mit zerstörender Gewalt gegen den Kamin am Ende des Zimmers flog. Clarke hatte zugleich bemerkt, dafs die Wirksamkeit des Gebläses durch die Erweiterung des Röhrchens sehr vergröfsert wurde. Man war daher auf neue Sicherungsmittel bedacht, welche dann das verbesserte Knallgasgebläse veranlafsten.

Auf den Vorschlag von Cumming wurde defswegen im Innern des kupfernen Gefäfses ein Sicherungscylinder, zur Hälfte mit Wasser gefüllt, angebracht [3], durch welches das comprimirte Gas vor dem Ausströmen aus dem Blaserohre erst aufsteigen mufste. Dieses im vergröfserten Mafsstabe gezeichnete Gefäfs enthält nur in E das Knallgas, unter welchem sich Wasser Fig.
oder auch Oel befindet. Es steigt durch das Ventil F in die 195.
Höhe, welches sich im Falle einer Explosion schliefst, und die Verbreitung der Entzündung in die Gesammtmasse des Knall-

1 Journ. of. Sc. and the Arts. N. III. p. 104. daraus in G. LV. 1. Schweigg. XVIII. 228.

2 S. ebend. desgl. Ann. of Phil. VIII. 364. IX. 89. Ann. de Chim. et Phys. III. 39.

3 Dieser Vorschlag ist wiederholt durch Gurney. S. Lond. Journ. of Arts and Sc. 1823. Nov. p. 265. daraus in Dingler polyt. J. XIII. 145.

gases hindert. In der Fläche ab ist ein feines Gewebe von Platindraht ausgebreitet, wodurch nach Davy die Fortsetzung der Entzündung gleichfalls gehindert wird, und ein anderes solches Drahtgewebe befindet sich in dem Raume A, so daſs hierdurch auch der Fortpflanzung der Entzündung in den Raum E begegnet wird. Inzwischen kann diese dennoch statt finden, wenn vor oder während der Explosion das Wasser zurückgedrückt wird, wie Clarke bei einem zweiten Falle dieser Art erfuhr, ohne daſs durch glücklichen Zufall auch diesesmal irgend jemand der Umstehenden beschädigt wurde. Man muſste sich also entschlieſsen, sich gegen die gefährlichen Folgen solcher Explosionen durch einen Schirm zu schützen, welcher aus einer 12 F. hohen Flügelthüre von 1,5 zöll. Brettern bestand, und bloſs das Blaserohr durchlieſs. Theils um das Gas weniger feucht zu erhalten, theils um die Sicherheit durch die gröſsere Klebrigkeit des Oeles zu vermehren, nahm Clarke diese letztere Flüssigkeit zum Sperren des Gases, und versichert, gegen zwanzig Explosionen der kleinen abgesperrten Gasmenge ohne irgend eine Gefahr absichtlich veranlaſst zu haben [1].

Clarke bemerkt bald, daſs die Wirkung des Gasgebläses mit der Weite der Blaseröhre ausnehmend wachse, weſswegen er sie bis $\frac{1}{25}$ Z. weit anwandte. Bei einer so bedeutenden Gasconsumtion muſste aber die Verdichtung in einem so kleinen Gefäſse bald abnehmen, und damit die Gefahr der Explosion wachsen. Man kam daher auf das einfache Mittel, auch die Compressionspumpe durch den Sicherungsschirm zu führen, und so entstand das jetzt noch gebräuchliche, *verbesserte Newman'sche Gebläse*, dessen Einrichtung in allen übrigen Stücken dem vorigen völlig gleicht. In der Zeichnung ist 1 die mit Gas gefüllte Fig. 196. Blase, 2 die Compressionspumpe, deren Kolbenstange durch den Sicherungsschirm geht und dort mit der Hand bewegt wird; 3 und 4 sind Röhren, welche das Gas in das kupferne Gefäſs und in die Compressionspumpe leiten. In dem eigentlichen Behälter des comprimirten Gases 5 steht der Sicherheitscylinder, welcher halb mit Oel gefüllt ist, und aus diesem geht das mit einem Hahn 6 versehene, vorn in eine nach unten herabgebogene Spitze auslaufende Blasrohr durch die Schutzwand. Zu den

1 Gilbert aus verschiedenen Abhandlungen in englischen Zeitschriften zusammengetragen in Ann. LXII. 247.

Blasröhren nimmt Clarke bronzirte kupferne, welche er den gläsernen vorzieht. Soll der Apparat zum Versuche eingerichtet werden, so wird der Hahn 6 verschlossen, Gas durch 5 bis 6 Kolbenstöfse in das Gefäfs geprefst. Dann verschliefst man die übrigen Hähne und öffnet den bei 6, damit etwas Gas ausströme, und man sich durch das Gehör überzeuge, ob das Oel sich im Sicherheitscylinder befinde, weil im entgegengesetzten Falle das Entzünden des Gasstromes mit Gefahr verbunden ist. Man hört nämlich das Gas mit einem Geräusche wie beim Sieden des Wassers durch das Oel aufsteigen. Ist auf diese Weise der Apparat in Ordnung, so verschliefst man den Hahn bei 6, öffnet die übrigen, und comprimirt das Gas bis zur gehörigen Dichtigkeit. Beim Experimentiren mufs dann ein Gehülfe die Compression des Gases fortsetzen, damit es stets die gleiche Dichtigkeit behalte. Zu diesem Ende mufs die vorher mit dem Gas gefüllte Blase 1 sehr grofs seyn, oder man nimmt statt derselben einen grofsen Ballon von gefirnifsten Taffent. Endlich mufs das Rohr öfters gereinigt werden, weil sich leicht etwas mechanisch fortgerissenes Oel hineinsetzt [1].

Diese angegebene Construction des Apparates hat man im Allgemeinen beibehalten. So sehr indefs auch durch die beiden Drahtgitter und das Oel jeder Gefahr einer Explosion vorgebeugt ist, so kann es doch als möglich gedacht werden, dafs beim Gebrauche beide Drahtgitter zerreifsen, dafs das Oel in den gröfseren Behälter gedrängt werde, oder eine eben durch dasselbe aufsteigende Gasblase die Entzündung in das Hauptgefäfs und von hieraus selbst bis in den Ballon fortpflanze. Man hat daher noch weitere Sicherungsmafsregeln ausgesonnen. Dahin gehört, dafs Newman die hintere Platte des Kastens dünner macht und minder fest anlöthet, so dafs diese allein herausgesprengt werden würde, und man überall gesichert wäre, wenn man sich nur nicht hinter dem Kasten befände. Hiermit verband Clarke noch weiter die Vorsicht, dafs er den ganzen Apparat zum Fenster hinaus richtete, so dafs die Explosion nach Aufsen gehen mufste, während der Operirende durch die grofse Thüre zwischen ihm und dem Gebläsekasten gegen jede Gefahr gesichert

1 Journ. of Sciences and the Arts. Nr. IV. p. 397. Gilbert a. a. O. Pfaff in Schweigg. J. XXII. 391. Ann. of Phil. X. 133.

war [1], ein Vorschlag, dessen Unbequemlichkeit sich auf den ersten Blick kund giebt. Spilsbury empfiehlt ein Gitter von Messingblechen, zwischen denen das Gas durchströmen, und sich nachher in einen gröfseren Gasstrom aus weiteren Röhren vereinigen soll, wobei jenes Gitter aus Messingblechen noch obendrein auf beiden Seiten mit einem Drahtgewebe zu versehen sey; allein Pfaff [2] findet nach seinen Versuchen auch dieses Sicherungsmittel für Knallgas unzureichend, und giebt aufserdem der Füllung des Sicherheitscylinders mit Wasser den Vorzug vor der durch Oel, weil letzteres wegen seiner Dickflüssigkeit beim Durchgange der vielen kleinen Blasen stark schäumt, und dadurch in das Blaserohr gespritzt wird, da auf der andern Seite das Gas durch jenes Sperrwasser nicht füglich feuchter werden könne, als die Bestandtheile desselben ihrer Bereitungsart nach schon sind. Man könnte hinzusetzen, dafs ein solcher Schaum, wenn allmälig das Oel noch dickflüssiger geworden ist als anfangs, die bezweckte Sicherung wieder aufhebt. Wallaston gab den Rath, den Gasstrom durch ein ganzes Bündel vereinter Haarröhrchen von dem kleinsten Durchmesser gehen zu lassen, und dann in ein Rohr von gröfserem Durchmesser zu vereinigen, wonach also eine mögliche Explosion nicht einmal in den Sicherungscylinder dringen könne, ein gewifs sehr beifallswürdiger Vorschlag, wenn man anders von der Feinheit und Unverletztheit eines solchen Bündels versichert ist. Ein gewisser J. F. Beale wollte eine Bleiplatte in dem Boden des Knallgasgebläses luftdicht befestigen, und diese über eine mit Sand gefüllte Oeffnung im Tische stellen, damit eine mögliche Explosion unschädlich würde; zugleich schlug er statt des Wollaston'schen Haarröhrchenbündels ein Stück spanischen Rohrs vor, welches allerdings ein poröses Gefüge hat, für diesen Zweck aber gewifs zu dicht und nicht genug abkühlend ist. Gray hielt zwei feine Drahtgewebe, welche aber in der Röhre angebracht werden müfsten, um vor jedem Versuche erst von ihrem Unbeschädigtseyn sich zu überzeugen, für vollkommen sichernd. Eine blofse Thierblase mit Gas zu füllen und dieses aus einer mit einem Hahn versehenen Röhre zu treiben, ist gewifs oft ohne besondere Erwähnung in Anwendung gebracht. Achard bediente sich

1 Ann. of Phil. IX. 90. X. 373.

2 Schweigg. J. XXII. 412.

dieses einfachen Apparates zuerst zum Blasen mit Sauerstoffgas [1], und so schlug auch Booth vor, eine solche auf ein Brett zu legen, sie mit einem andern, vermittelst zweier durchgesteckter Stangen horizontal gehaltenem Brette zu bedecken, und durch aufgelegte Gewichte einen stets constanten Druck zu erzeugen. In Beziehung auf diesen letzteren hat der Apparat viel für sich, und gewährt schon aus dieser Ursache grofse Sicherheit, noch mehr aber, wenn das Rohr erst mit einem Gumming'schen Sicherheitscylinder und dann noch mit einem Wollaston'schen Bündel von Haarröhrchen versehen wird, aber auch ohne dieses ist eine Explosion bei ihm weit weniger gefahrvoll, als bei einem Newman'schen Kasten, und da man Blasen von so bedeutender Gröfse haben kann, so ist die ganze Idee für alle diejenigen zu empfehlen, welche keine grofse Kosten aufwenden können. Ganz neuerdings ist diese Idee, eine blofse Thierblase zum Knallgasgebläse zu gebrauchen, wieder durch Ottley empfohlen [2], welcher zur Sicherung zwischen der Blase selbst und der Blaseröhre eine messingene, mit Eisenfeilicht gefüllte Röhre empfiehlt. Mir scheint dieses Mittel keine vollständige Sicherheit zu gewähren.

Ein ganz entgegengesetztes Princip, als die mitgetheilten, eine möglichste Sicherung gegen jede Explosion bezweckenden, befolgte Thomas Osbrey, indem er das Gefäfs so stark machte, dafs die Explosion dasselbe nicht zu zertrümmern vermöchte. Es hatte von Aufsen die gefällige Gestalt eines Cylinders, an welchem das Blaserohr mit seinem Hahne und die Compressionspumpe mit der Gasblase für sich kenntlich sind. Fig. 197. Eine Durchschnittszeichnung zeigt, dafs dasselbe aus zwei, in einander eingeschlossenen Cylindern zusammengesetzt war. Fig. 198. Der eigentliche Gasbehälter A A bestand aus $\frac{1}{4}$ Z. dickem Kupfer, mit eingeschraubter und weich gelötheter Bodenplatte, den Deckel mit 10 Schrauben blofs aufgeschraubt. Das äufsere Gehäuse B B war aus nahe 1,5 Z. dickem zusammengeschweifsten und abgedreheten Schmiedeeisen verfertigt, die obere und untere Platte jede mit 12 starken Schrauben C C befestigt. Sind beide Gefäfse in einander gesetzt, so wird der Zwischenraum mit Zinn ausgegossen. Das eingeschraubte Hahnstück E hat oben einen Vor-

1 Encyclop. méth Part. Phys. II. 373.

2 Mechanic's Magz. Nr. 157.

sprung, welcher zu gröſserer Sicherheit durch den Deckel niedergehalten wird. Um den Apparat vorher zu probiren, war statt des Blaserohrs ein messingnes Rohr mit eingekitteter Glasröhre und einem darin befindlichen Drahte F eingeschroben, durch welchen die 13 mal verdichteten 800 Cub. Z. Knallgas vermittelst eines elektrischen Funkens aus hinlänglicher Entfernung entzündet wurden. Zweimal hielt dieser Apparat die Explosion aus, und bewährte somit die Sicherheit seiner Anwendung. Um aber das Gas nicht unnütz zu verschwenden, brachte er im Blaserohre ein Bündel der feinsten gläsernen Haarröhrchen an, welche aus gemeinen Glasröhren mit der Lampe leicht geblasen werden und die messingenen völlig ersetzen [1]. Ob solche Apparate in gröſserer Zahl verfertigt und gebraucht sind (wie bei ihrer Kostbarkeit kaum zu vermuthen ist), und ob sie sich durchaus als sicher bewährt haben, ist mir nicht bekannt geworden. Inzwischen lassen sie sich auf keinen Fall empfehlen; denn entweder sind sie ohne fortgesetzte Comprimirung des Gases durch eine stets bewegte Compressionspumpe, und in diesem Falle würde der Gasstrom fortdauernd abnehmen, oder sie sind mit einer solchen Compressionspumpe verbunden, und dann ist keine vollständige Sicherheit vorhanden, daſs nicht bei schadhaft gewordenen Ventilen der letzteren die Explosion aus dem Innern sich bis in die gesammte Gasmenge der Blase fortpflanzen könne. Ferner hat Wilkinson als Sicherungsmittel vorgeschlagen, auſser den feinen Drahtgittern, welche durch einen Zufall leicht zerrissen werden können, vor dem Eingange zur Blaseröhre eine oder einige Lager geklopften Asbest anzubringen und zwischen die Drahtgitter zu legen, damit nirgend ein freier Zusammenhang des Gases existire [2], und so mag es immerhin der Vorschläge, diese Newman'schen Gebläse mit verdichtetem Knallgase gegen eine jeden Augenblick drohende gefährliche Explosion zu sichern, noch viele geben, welche mir vielleicht nicht einmal sämmtlich bekannt geworden sind, und kaum verdienen, weiter beachtet zu werden.

Eine bisher von mir noch nicht berührte Frage betrifft das eigenthümliche Mengungsverhältniſs des Gases, welches man zu der

1 G. LXII. 270. ff.

2 Aus Repertory of Patent. Inventions in Dingler's polyt. Journ. XX. 17.

Füllung dieser Gasgebläse am vortheilhaftesten zu wählen habe. Anfangs nahm man Wasserstoffgas und Sauerstoffgas in demjenigen Verhältnisse gemengt, welche zur Erzeugung des Wassers durch Verbrennung derselben erfordert wird, nämlich dem Volumen nach zwei Theile von jenem zu einem Theile von diesem. Sehr bald nach der Erfindung dieses Gebläses versuchte man auch andere Verbindungen, kam indeſs meistens zu jener ersteren wieder zurück, und man muſs daher annehmen, daſs diese die beste sey, oder die Frage muſs als noch nicht völlig entschieden angesehen werden. H. Davy wollte früher bei seinen Untersuchungen über die Flamme gefunden haben, daſs jene Mengung mit einem kleinen Ueberschusse von Wasserstoffgas die stärkste Hitze gebe; Clarke versicherte dagegen, die Hitze der Flamme nehme in dem Verhältnisse ab, als ein Ueberschuſs von Wasserstoffgas sie minder explosiv mache, weſswegen er sich nur zu Reductionsversuchen eines Gemenges aus 3 Maſs Wasserstoffgas auf 1 Maſs Sauerstoffgas bediene. Später wollte er indeſs die Hitze eines Gemenges aus 7 Maſs Wasserstoffgas zu 3 Maſs Sauerstoffgas oder aus 9 von jenem zu 4 von diesem stärker gefunden haben. Mengungen aus Sauerstoffgas mit Kohlenwasserstoffgas, sowohl leichtem als ölbildendem fand er selbst und Cumming sehr unwirksam [1]. Pfaff dagegen setzt nach seinen Versuchen die Wirkungen eines Gemenges aus 1 Th. Steinkohlengas und 2 Th. Sauerstoffgas denen des gemeinen Knallgas mindestens gleich, und behauptet, daſs ein Gemenge aus 2,5 Th. Sauerstoffgas mit 1 Th. ölerzeugendem Gas jenes entschieden übertreffe [2]. Mit dem von mir gebrauchten Apparate konnte dasjenige Mengungsverhältniſs der Gase, welches die gröſste Hitze giebt, nicht füglich bestimmt werden, indeſs habe ich Grund zu vermuthen, daſs dasjenige am kräftigsten wirkt, welches zur Bildung des Wassers gehört, weil eine gröſsere Quantität von Wasserstoffgas das Gebläse mehr dem bloſsen Wasserstoffgasgebläse, und von Sauerstoffgas mehr dem bloſsen Sauerstoffgasgebläse nähert, welche beide schwächer sind. Davon bin ich aber mit Zuversicht überzeugt, daſs die Hitze um so viel stärker ist, je reiner die Gase sind, welche man anwendet, und habe dieses auch allezeit durch die Erfahrung bestätigt gefunden.

1 G. LXII. 264. Aus Thoms. Ann. of Phil. IX. u. X.

2 Schweigg. Journ. XXII. 417.

Werden die beiden in ihren verschiedenen Constructionen ausführlich beschriebenen Apparate mit einander verglichen, so kann es keinen Augerblick zweifelhaft seyn, daſs dem *Hare'schen* der entschiedenste Vorzug gebührt, es sey denn, daſs es einen gleichen Hitzegrad als das *Newman'sche* zu geben nicht vermöchte, welcher Umstand dann freilich als seine übrigen Vortheile mehr als vollständig wieder aufheben und die Einführung des letzteren in die physikalischen Apparate nothwendig machen würde. Die Vorzüge von jenem sind zuerst die vollkommene Sicherheit beim Operiren, da es nothwendig ein peinliches Gefühl erregen muſs, in jedem Augenblicke einer furchtbaren Explosion der gesammten sowohl im Gefäſse als auch in der Pumpe und selbst in der Blase enthaltenen Gasmenge entgegenzusehen, gegen welche zwar der Schirm mögliche Sicherheit gewährt, deren Folgen sich aber nicht völlig genau voraussehen lassen. Ein zweiter Vorzug liegt in der ungleich gröſseren Gasmenge, welche bei diesem Gebläse in Anwendung gebracht werden kann. Im Newman'schen Gebläse sind nicht leicht mehr als 0,4 bis 0,5 Cub. F. Gas von der Dichtigkeit der atmosphärischen Luft enthalten, statt daſs das hydrostatische Cylindergebläse 3 bis 6 F. enthalten kann, und noch mehr als dieses, wenn man das allerdings groſse Gewicht des Sperrwassers nicht scheuet, und auſserdem läſst sich bei diesem die abnehmende Gasmenge noch leichter wieder ersetzen, als bei jenem durch die stets bewegte Compressionspumpe geschehen kann. Ein dritter, vorzüglich in Anschlag zu bringender, groſser Vorzug des Hare'schen Gebläses besteht darin, daſs man von dem ungleich leichter zu bereitenden Wasserstoffgase eine bei weitem gröſsere Menge verbraucht, als das doppelte Volumen, und einestheils die geringere Hitze der bloſsen Wasserstoffgasflamme anwenden kann, um die zu schmelzenden Körper erst allmälig zu erhitzen, damit sie durch die grelle Hitze des Knallgasgebläses nicht sofort zerspringen, anderntheils aber die Quantität der einen oder der andern Gasart in den verschiedensten Verhältnissen vermehren kann, damit die Flamme auf die zu schmelzenden Körper mehr oxydirend oder desoxydirend einwirke. Viertens endlich hat das Hare'sche Gebläse einen Vorzug in dem minder starken Strome der Flamme, welcher daher die auf Kohlen oder Kreidestücken liegenden zu schmelzenden Körper ungleich weniger leicht fortbläst. Es ist nämlich eine höchst unangenehme Störung, wenn man stets

durch das Fortgeschleudertwerden der zu schmelzenden Körperchen im Versuche unterbrochen wird, und diesen dann jederzeit aufs Neue anfangen muſs. Gegen diesen letzteren Vorzug lieſse sich zwar einwenden, daſs der heftige Strom des stark comprimirten Gases eben ein Hauptbedingniſs zur Erzeugung einer so ausgezeichneten Hitze sey, welche daher nur durch das Newman'sche Gebläse erhalten werden könne. Dieser Hauptpunct der ganzen Untersuchung möge hier, so weit er zur Theorie des Gasgebläses gehört, vorläufig unerledigt bleiben, obgleich er unmittelbar mit der wichtigsten Frage zusammenfällt, nämlich welches von beiden Gebläsen den höchsten Hitzegrad zu geben vermöge. Weil aber hierüber aus theoretischen Gründen schwer zu entscheiden ist, so kann allein die Erfahrung befragt werden.

Wenn wir dasjenige aufsuchen, was bisher über die Wirkungen beider Arten von Gebläsen bekannt geworden ist, so hat das Newman'sche nicht bloſs ungleich mehr Zeugnisse für sich, sondern das Hare'sche ist sowohl diesem als sogar auch der Marcet'schen Lampe von vielen bestimmt nachgesetzt. Ein Hauptstimmführer in dieser Sache ist Dr. Clarke, welcher von Anfang an dieses neue Gebläse so anhaltend und viel gebrauchte, daſs man dasselbe zuweilen nach seinem Namen zu benennen pflegt. Alle die verschiedenen Körper hier aufzuzählen, welche er vermittelst desselben geschmolzen, verflüchtigt oder reducirt hat, würde überflüssig seyn, vielmehr genügt es im Allgemeinen zu bemerken, daſs es jetzt keinen Körper mehr giebt, welcher diesem Gebläse unverändert zu widerstehen vermöchte. Eine dieser langen Reihen von Versuchen [1] an die Seite zu stellende mit dem Hare'schen Gebläse, worauf eine genaue Vergleichung gegründet werden könnte, finde ich nirgend. Eine kleine Zahl von Versuchen stellte G. G. Schmidt mit seinem oben erwähnten Gebläse an. Die Druckhöhe des Wassers war dabei 36 Z., die Weite der gläsernen Blasröhre 0,04 Z. bei einer Länge von 10,5 Z.; die Länge der Knallgasflamme betrug etwa 1 Z. und zeigte in 3 L. Entfernung von der Röhrenmündung die stärkste Hitze. Das Schmelzen und partielle Verbrennen von dünnem

1 Man findet sie in Ann. of Phil. VII. bis X. im Journal of the Royal Inst. Nr. IV ff. G. LV. 1 ff. LXII. 339. Schweigg. XXII. 426.

Platindraht, das Schmelzen von schwefelsaurem Baryt und wahrscheinlich die Bildung von Baryum mit Eisen verbunden aus dem salpetersauren Baryt, wie auch eine Verbindung von Silicium mit Eisen wurden ohne Schwierigkeit bewerkstelligt; dagegen konnte das Gold nicht zum Verdampfen und an der Luft zerfallener Kalk nicht zum Schmelzen gebracht werden, weſswegen Schmidt selbst die Wirkungen dieses Gebläses denen des Newman'schen nachsetzt [1].

Clarke giebt ein Mittel an, durch welches sich eine Vergleichung beider Gebläse erhalten läſst; er verlangt nämlich zum guten Gelingen seiner angegebenen Versuche, daſs das Gebläse Platindraht von 0,1 Z. Durchmesser leicht zu schmelzen und unter Funkensprühen im Fluſs zu erhalten vermöge [2]. Draht von dieser Dicke stand mir nicht zu Gebote, allein ich habe sehr oft Enden und kleinere Kugeln in Vertiefungen von Kohlen oder Kreide zu gröſseren Kugeln von 1,5 Par. Lin. Durchmesser zusammengeschmolzen, diese dann später wieder in Fluſs gebracht, und unter starkem Funkensprühen eine geraume Zeit flieſsend erhalten. Das Verbrennen des besten englischen Graphits aus Bleistiften (quadratischer Säulen von 0,6 Lin. Seite) mit Erzeugung sehr kleiner dunkel grünlich brauner glasartiger Kügelchen, das Schmelzen reiner Quarz- oder Bergkrystalle zu den hellsten Glasperlen von 1 Lin. Durchmesser, so wie das Zusammenschmelzen zweier Enden thönerner Pfeifenstiele von der gröſsten gewöhnlich vorkommenden Dicke erfolgt jederzeit leicht und bald. Nur wenigemale ist es mir indeſs gelungen, isländischen Doppelspath oder weil dieser so leicht zersplittert und durch den Luftstrom weggeblasen wird, feine Spitzen sehr reiner Kreide zu einer porzellanartigen Masse zu schmelzen. Das weiteste, hierbei von mir gebrauchte, konische messingene Blaserohr hielt nicht mehr als $\frac{1}{30}$ Par. Z. im Durchmesser, und da die Druckhöhe höchstens 12 Par. Z. Wasser betrug, so kann ich mit Sicherheit annehmen, daſs die durch Clarke in gleichen Zeiten verbrauchte Gasmenge leicht das Fünffache derjenigen betrug, welche von mir angewandt wurde. Wirklich war auch die Flamme selten einen Par. Z. lang, meistens dunkelblau und am

1 G. LXVI. 84.

2 Schweigg. Journ. XXII. 419.

Tage kaum sichtbar [1]. Diese Versuche sind zwar nicht genügend zur Entscheidung der Frage, ob das Hare'sche Gebläse dem Newman'schen in seinen Wirkungen völlig gleichkomme, allein sie machen dieses wenigstens in einem sehr hohen Grade wahrscheinlich; denn in der That wüſste ich doch nicht, welches der durch Clarke angegebenen Resultate die so eben erwähnten überträfe, insbesondere wenn man berücksichtigt, daſs ein gröſserer Gasstrom auch eine stärkere Hitze erzeugen muſs. Indem aber das Newman'sche Gebläse auf keine Weise gleiche Sicherheit gewährt als das Hare'sche, aus diesem Grunde aber nach dem übereinstimmenden Urtheile fast aller Physiker [2] das Experimentiren mit jenem unangenehm, wegen der fortdauernden Bewegung der Pumpe und der hohen Temperatur, welche sie dadurch annimmt, beschwerlich und mit steigender Gefahr verbunden ist, endlich aber durch das Hare'sche Gebläse nach der zweiten oben angegebenen Construction der Gasstrom auſserordentlich vergröſsert und die Hitze eben dadurch bedeutend gesteigert werden kann, so leidet es wohl keinen Zweifel, daſs dieses leztere als ein vorzüglicher und wichtiger Apparat in die physikalischen und chemischen Cabinette aufgenommen zu werden verdient. Clarke, Cumming u. a. haben das Knallgasgebläse vorzüglich auch den Mineralogen empfohlen, andere legen weniger Werth auf dasselbe, weil es alle Körper in Fluſs bringt, verflüchtigt, zersetzt u. s. w. und insofern also dem auf gewisse Grenzen beschränkten Löthrohre nachsteht. Ohngeachtet ich nicht im Stande bin, hierüber zu entscheiden, so glaube ich doch mehr der letzteren Meinung beitreten zu müssen.

Um den Schein zu vermeiden, als sey eine wichtige Thatsache unbeachtet geblieben, füge ich zum Schlusse noch die Beobachtung von Skidmore hinzu, wonach die Flamme des Knallgasgebläses sogar unter Wasser brennen soll [3]. Genau genommen hat diese Behauptung so, wie sie hier aufgestellt ist, keinen Sinn. Das Brennen von Körpern unter Wasser, so lange sie mit diesem nicht in unmittelbarer Berührung sind, ist ein

1 Vergl. G. LXVIII. 66.

2 Gilbert in seinen Annalen LXII. 275. Schmidt a. a. O. und andere haben sich bestimmt hierüber ausgesprochen.

3 Silliman Amer. Journ. V. 347. Daraus in Schweigg. J. N. F. IX. 359. u. in mehreren andern Zeitschriften.

weder unmögliches noch schwer zu begreifendes Phänomen, leidet jedoch keine Anwendung auf das Knallgasgebläse. Sollte die Flamme von diesem unter Wasser brennen, so müfste sie selbst durch Wasser dringend einen unter demselben befindlichen und von ihm umgebenen Körper in Glühhitze versetzen, mithin müfste der Theil des Wassers, durch welchen sie dringt, glühend, und der den Körper einschliefsende entweder von ihm durch einen gewissen Raum getrennt oder mit einem glühenden in Berührung seyn. Sowohl jenes erstere als auch dieses letztere ist unmöglich, und die ganze Sache kommt auf folgende, von mir mehrmals beobachtete Thatsache zurück. Wenn man irgend einen Körper, namentlich ein Stückchen Holz oder eine Kohle, im starken Strome des brennenden Knallgases zum Glühen gebracht hat, und dann bei fortdauernder Strömung des Gases unter Wasser taucht, so treibt die mechanische Gewalt des Gasstromes das andringende Wasser aus der Stelle und bildet sich gleichsam einen Canal; das an den Körper dringende Wasser aber wird durch das Glühen von jenem zum Theil in Dampf verwandelt, und dieser leztere stöfst das Wasser fortdauernd so zurück, dafs es mit ihm in keine unmittelbare Berührung kommen kann, wodurch ein fortdauerndes Glühen möglich wird. Das ganze Phänomen beweiset also blofs die unglaublich starke Hitze, welche durch dieses Gebläse erzeugt wird, jedoch ungleich weniger, als andere Erscheinungen das Nämliche darthun.

Die Theorie der Wirksamkeit der Gebläse überhaupt, so wie des Knallgasgebläses insbesondere fällt mit der allgemeinen Untersuchung der durch das Verbrennen der brennbaren Substanzen erzeugten Hitze zusammen [1], und kann daher hier nicht vollständig untersucht werden; es mag daher genügen nur dasjenige historisch zu erwähnen, was in Beziehung auf das so grofses Aufsehen erregende Knallgasgebläse zur Erklärung seiner aufserordentlichen Wirkungen bisher beigebracht ist. Mir sind indefs nur zwei Theorieen bekannt, welche man in dieser Beziehung bereits aufgestellt hat. Scherer nämlich findet die Ursache dieser ausgezeichneten Wirkungen in der grofsen Wärmecapacität des Sauerstoffgases, welche durch die noch weit gröfsere des Wasserstoffgases bedeutend vermehrt werde [2]. Wie unzulässig

1 S. *Verbrennen*.

2 All. Nord. Ann. III. 348.

diese Erklärung sey, läfst sich bald zeigen, indem nach ihr vielmehr folgen müfste, dafs durch dieses Gebläse ein das Quecksilber zum Gefrieren bringender Grad der Kälte erzeugt werden müfste. Ist nämlich die spec. Wärme des Wassers = 1, des Wasserstoffgases = 3,2936 und des Sauerstoffgases = 0,2361, so geben die zu 100 Th. Wasser erforderlichen 12 Theile Wasserstoffgas $12 \times 3{,}2936 = 39°{,}5$ und die 88 Theile Sauerstoffgas $88 \times 0{,}2361 = 20°{,}7$ im ganzen also $39°{,}5 + 20°{,}7 = 60°$ Wärme für 100 Theile des erzeugten Wassers, und da sie für 1 Th. 1°, also für 100 Th. 100° C. geben müfsten, so würde eine Kälte von — 40° C. entstehen, wenn der Versuch bei 0° C. angestellt würde [1].

Gleich bei der Bekanntwerdung des Knallgebläses in Deutschland theilte auch Gilbert eine Theorie seiner Wirksamkeit mit, welche von den meisten deutschen Physikern angenommen zu seyn scheint [2]. Zwei Ursachen stellt er auf, aus denen die grofse Hitze des Gebläses abgeleitet werden kann, nämlich zuerst die grofse Wärmecapacität des Wasserstoffgases und zweitens die Menge des Gases, welche vermöge der Compression zugleich in Thätigkeit kommt. In derjenigen Darstellung, welche Gilbert der Sache giebt, lassen sich beide Argumente rechtfertigen, ohne dafs sie jedoch den eigentlichen Grund der erzeugten grofsen Hitze nachweisen. Es wird nämlich zuvörderst erst ohne weiteren Beweis angenommen, dafs beim gewöhnlichen Verbrennen alle erzeugte Wärme aus dem verzehrten Sauerstoffgase ausgeschieden werde, wenn nicht das durch Verbrennung entstandene Product eine geringere Wärmecapacität habe, als die gesäuerte Substanz, in welchem (seltenen) Falle auch der Ueberschufs der dem verbrannten Körper früher eigenthümlichen specifischen Wärme über seine nachherige zum Vorschein kommen müsse. Indem also zu dieser Wärme des verzehrten Sauerstoffgases noch die ungleich gröfsere des zugleich verzehrten Wasserstoffgases hinzukomme, so lasse sich hieraus leicht die bedeutend gröfsere Hitze des Knallgasgebläses als des Sauerstoffgasgebläses erklären. Bis soweit läfst sich allerdings gegen diese Theorie nichts einwenden, insofern sie sich auf eine blofse Vergleichung des ersteren mit dem letzteren dieser beiden Gebläse bezieht, und die Wirkungen von jenem als bereits er-

1 Vergl. Scholz Anfangsgründe der Physik u. s. w. Wien 1827. S. 510.

2 In seinen Annalen d. Phys. LV. 40.

klärt voraussetzt. Wenn es dann aber weiter heifst: „Soll die volle Wirksamkeit entstehen, so müssen die beiden aus dem Gasbehälter blasenden Gasarten sich im Brennen ganz zerstören, so dafs ein Körper, den man an die Spitze des entzündeten Gasstrom's hält, blofs von freier Wärme in höchster Intensität, und von eben so heifsem Wasserdampf ergriffen wird. Wer die Veränderungen, welche hier vorgehen, richtig beurtheilen will, darf nicht vergessen, dafs man glühenden Wasserdampf auf die Körper bläfst;" so mufste eben dieser letztere Zusatz auf das Schwankende und sich selbst Widersprechende der ganzen Bestimmung führen, indem es die Frage veranlafste, wodurch denn der Wasserdampf die Glühhitze erhalte? Abgesehen aber davon, dafs nach der oben mitgetheilten Berechnung zur Bildung von Wasser eine gröfsere Menge Wärme erforderlich ist, als die beiden Gasarten enthalten, verhält sich zwar die spec. Wärme des Wasserdampfes zu der des Wassers wie 0,8470 zu 1, ist also geringer, jedoch nicht um so viel, als die der beiden Gasarten mit der des Wassers verglichen; allein zur *Bildung* des Wasserdampfes ist eine sehr grofse Menge von Wärme erforderlich, nämlich 640°C., wenn diese seine Bildung aus Wasser von 0°C. geschieht [1], und woher wird diese genommen? Es ergiebt sich auf allen Fall, dafs man so leicht nicht zur Enträthselung dieser shhwierigen Aufgabe gelangt. Gilbert entnimmt sein zweites Argument aus der bedeutend gröfseren Menge von Gas, welche wegen der durch stärkere Compression bewirkten schnelleren Ausströmung gleichzeitig in Conflict kommt, gleichfalls blofs in Vergleichung mit dem Sauerstoffgasgebläse. Wäre dieses Argument gültig, so würde folgen, dafs man (ungesehen auf den zuerst angegebenen Grund) mit dem Sauerstoffgasgebläse gleiche Wirkungen erzeugen könne, als mit dem Knallgasgebläse, wenn man durch Erweiterung des Blaserohres oder durch starke Compression bei ersterem eine gleiche Quantität Sauerstoffgas ausströmen machte, als die Menge des Knallgases beträgt, welche Newman's Gebläse durch stärkeren Druck liefert, eine der Erfahrung widerstreitende Folgerung, indem es wohl als ausgemacht anzunehmen ist, dafs bei gleicher Gasmenge das letztere hinsichtlich der Wirkungen stets den Vorrang

1 Vergl. *Dampf.* Th. II. S. 287. ff.

behaupten wird. Dieses letztere Argument muſs also bei der Erklärung gänzlich weggelassen werden.

Leicht könnte eine Bemerkung von H. Davy, als eine Erklärung der groſsen Schmelzkraft des Knallgasgebläses angesehen werden, die es aber nicht ist. Er sagt nämlich [1], die Hitze der Flammen lasse sich dadurch vermindern, daſs man ihr Licht verstärke, und umgekehrt. Als Beispiel zur Bestätigung dient ihm die so wenig leuchtende Flamme des Knallgasgebläses. Allein theils ist dieses keine eigentliche Erklärung des rationellen Grundes, warum die Flamme des Knallgasgebläses so groſse Hitze erregt, theils ist die Behauptung keineswegs in ganzer Strenge richtig. Die Flamme des reinen Weingeistes ist nämlich keineswegs sehr helle, und giebt dennoch nur eine geringe Hitze, wenn man aber das aus gewöhnlichem Holze durch trockne Destillation erhaltene Gas auch nur mit bloſsem Wasser wiederholt reinigt, so giebt dieses eine dunkelblaue, am Tage kaum oder gar nicht sichtbare und überhaupt sehr wenig leuchtende, zugleich aber wenig erhitzende Flamme, und doch müſste diese nach dem aufgestellten Satze selbst die Knallgasflamme an Schmelzkraft übertreffen.

Es ist schon oben bemerkt, daſs die Theorie der durch Verbrennung erzeugten Wärme im ganzen Umfange hier nicht untersucht werden kann, und die Erklärung eines einzelnen Phänomens ist ohne Nachweisung ihres Zusammenhanges mit dem Ganzen nicht eigentlich möglich. Inzwischen kann ich die vorliegende Erscheinung, auf welche später wieder Rücksicht genommen werden muſs, nicht wohl auf demjenigen Standpuncte lassen, auf welchen sie durch die angegebenen beiden Erklärungen und meine Kritik derselben gestellt ist, um so mehr, als hiernach auf den ersten Blick eine physische Unmöglichkeit vorhanden zu seyn scheint, daſs durch das Gasgebläse überall Hitze erzeugt werde. Allein die Sache verhält sich anders. Bei der angeführten Berechnung ist nämlich diejenige Wärme genommen, welche gleiche Massen Sauerstoffgas, Wasserstoffgas, Wasserdampf und Wasser um gleiche Thermometergrade zu erwärmen erfordert wird, und aus diesem Gesichtspuncte betrachtet ist die specifische Wärme des Wassers allerdings gröſser als die seiner gasförmigen Bestandtheile, so daſs

1 G. LVI. 148.

also eine gröfsere Wärme erfordert werden würde, um eine gleiche Menge Wasser um gleiche Temperaturgrade zu erhöhen, als die dasselbe bildenden Gasarten, oder die aus demselben erzeugten Dämpfe. Wollte man aber Wasser von einer gegebenen Temperatur in zwei gleiche Hälften theilen, die eine Hälfte desselben tropfbar flüssig lassen, die andere aber in Dampf verwandeln und dann beide um gleiche Grade der Temperatur erhöhen, so würde zwar von da an die in Dampf verwandelte Hälfte weniger Wärme erfordern, als die noch tropfbar flüssige, die erstere würde aber, wenn der Versuch bei 0°C. angestellt wäre, erst 640°C. bedurft haben, um in Dampf verwandelt zu werden [1]. Hiervon läfst sich der Analogie nach leicht ein Schlufs auf die das Wasser bildenden Gasarten machen. Wenn gleich ihre specifische Wärmecapacität geringer ist als die des Wassers, so mufs doch wohl berücksichtigt werden, dafs sie keine Gase bleiben, sondern bei ihrer Verbindung sich zu Wasser verdichten, wobei allerdings alle diejenige Wärme frei werden könnte, welche ihnen den Zustand der Expansion giebt, und die oben gegebene Berechnung kann also blofs zur Widerlegung des dort aufgestellten Argumentes dienen, ist aber übrigens ganz unstatthaft. Wird dann ferner die grofse Wärme berücksichtigt, welche die Gasarten bei ihrer Verdichtung frei werden lassen, so erkennt man hierin allerdings einen Grund zur Erklärung der Wirkungen des Knallgasgebläses, bei welchem nicht, wie beim gewöhnlichen Verbrennen, ein tropfbar flüssiger oder fester verbrennlicher Körper blofs eine Gasart, das Sauerstoffgas, verdichtet, sondern worin zwei Gasarten gleichzeitig ihre Expansion verlieren, die erzeugte Hitze daher um so viel gröfser seyn mufs.

Bis soweit glaube ich die theoretischen Untersuchungen hier fortführen zu müssen, indem ich deren weitere Verfolgung bis zu den Artikeln *Verbrennen* und *Wärme* verspare, weil dort erst einige Bestimmungen aufzusuchen sind, welche ich hier ohne weiteren Beweis anticipiren müfste. Eine Untersuchung ist indefs noch übrig, welche zugleich zur Entscheidung der Frage über den Vorzug des Newman'schen Gebläses vor dem Hare'schen dient, von mir aber absichtlich bis hierher verschoben ist, um zugleich die wenigen aufgestellten theoretischen Grundsätze benutzen zu können, nämlich ob die Compression

1 Vergl. *Dampf.* a. a. O.

des Knallgases vor seiner Entzündung zur Verstärkung der durch dasselbe erzeugten Hitze nothwendig oder mindestens nützlich ist. Eine Bejahung dieser Frage könnte man in der mitgetheilten Theorie von Gilbert finden; sie liegt aber auf gewisse Weise indirecte in der ziemlich allgemeinen Behauptung, daſs die Wirkungen des Newman'schen Gebläses die des Hare'schen weit übertreffen, denn wenn dieses wirklich der Fall wäre, so könnte der Grund hiervon unmöglich in einer anderen Ursache liegen, als in der Compression des Knallgases im Newman'schen Apparate. Daſs man die Compression des Gases in dem letzteren Gebläse nicht deswegen angewandt habe, um eine gröſsere Hitze zu erzeugen, versteht sich von selbst, vielmehr wurde sie nothwendig, theils um in dem sehr kleinen Raume mehr Gas zu vereinigen, theils und hauptsächlich aber um durch das starke Ausströmen des Gases das Rückgehen der Flamme zu erschweren.

Soll die Compression des Knallgases ein Mittel zur Verstärkung der durch dasselbe erzeugten Hitze seyn, so ist dieses, so viel ich einsehe, nur aus zwei Gründen möglich, nämlich zuerst weil eine innigere Mischung der beiden constituirenden Bestandtheile desselben dadurch bewirkt wird, und zweitens weil der Strom des comprimirten Gases eine mit gröſserer Energie drückende Flamme erzeugt; denn daſs dadurch in gleicher Zeit eine gröſsere Menge Gas ausströme, kann nicht als Grund geltend gemacht werden, weil sich dieser Unterschied sehr leicht durch Erweiterung der Röhren compensiren läſst. Wollte jemand den ersten Grund geltend machen, so dürfte es schwer seyn, ihn genügend zu widerlegen; denn daſs die Theile gemengter Körper einander durch mechanischen Druck näher gebracht werden, und sich somit inniger verbinden, ist wohl keinen Augenblick in Abrede zu stellen. Um diesem Argument noch mehr Gewicht zu geben, könnte ferner in Anschlag gebracht werden, daſs die vorher vereinigten Gasarten zugleich eine längere Zeit mit einander in Berührung bleiben, und sich daher inniger verbinden können, statt daſs im Hare'schen Gebläse die Vereinigung erst unmittelbar vor der Verbrennung geschieht. Zur Unterstützung dieser Ansicht lieſse sich endlich noch die Erfahrung anführen, daſs die Flamme beim Hare'schen Gebläse so selten oder gar nicht in denjenigen Raum zurückgeht, in welchem beide Gasarten vereinigt werden. Es ist mir nämlich nicht bekannt, irgendwo eine Angabe über das Zurückschlagen der Flamme in diesem

klärt voraussetzt. Wenn es dann aber weiter heifst: „Soll die volle Wirksamkeit entstehen, so müssen die beiden aus dem Gasbehälter blasenden Gasarten sich im Brennen ganz zerstören, so dafs ein Körper, den man an die Spitze des entzündeten Gasstrom's hält, blofs von freier Wärme in höchster Intensität, und von eben so heifsem Wasserdampf ergriffen wird. Wer die Veränderungen, welche hier vorgehen, richtig beurtheilen will, darf nicht vergessen, dafs man glühenden Wasserdampf auf die Körper bläfst;" so mufste eben dieser letztere Zusatz auf das Schwankende und sich selbst Widersprechende der ganzen Bestimmung führen, indem es die Frage veranlafste, wodurch denn der Wasserdampf die Glühhitze erhalte? Abgesehen aber davon, dafs nach der oben mitgetheilten Berechnung zur Bildung von Wasser eine gröfsere Menge Wärme erforderlich ist, als die beiden Gasarten enthalten, verhält sich zwar die spec. Wärme des Wasserdampfes zu der des Wassers wie 0,8170 zu 1, ist also geringer, jedoch nicht um so viel, als die der beiden Gasarten mit der des Wassers verglichen; allein zur *Bildung* des Wasserdampfes ist eine sehr grofse Menge von Wärme erforderlich, nämlich 640°C., wenn diese seine Bildung aus Wasser von 0°C. geschieht [1], und woher wird diese genommen? Es ergiebt sich auf allen Fall, dafs man so leicht nicht zur Enträthselung dieser shhwierigen Aufgabe gelangt. Gilbert entnimmt sein zweites Argument aus der bedeutend gröfseren Menge von Gas, welche wegen der durch stärkere Compression bewirkten schnelleren Ausströmung gleichzeitig in Conflict kommt, gleichfalls blofs in Vergleichung mit dem Sauerstoffgasgebläse. Wäre dieses Argument gültig, so würde folgen, dafs man (unabgesehen auf den zuerst angegebenen Grund) mit dem Sauerstoffgasgebläse gleiche Wirkungen erzeugen könne, als mit dem Knallgasgebläse, wenn man durch Erweiterung des Blaserohres oder durch starke Compression bei ersterem eine gleiche Quantität Sauerstoffgas ausströmen machte, als die Menge des Knallgases beträgt, welche Newman's Gebläse durch stärkeren Druck liefert, eine der Erfahrung widerstreitende Folgerung, indem es wohl als ausgemacht anzunehmen ist, dafs bei gleicher Gasmenge das letztere hinsichtlich der Wirkungen stets den Vorrang

1 Vergl. *Dampf.* Th. II. S. 287. ff.

behaupten wird. Dieses letztere Argument muſs also bei der Erklärung gänzlich weggelassen werden.

Leicht könnte eine Bemerkung von H. Davy, als eine Erklärung der groſsen Schmelzkraft des Knallgasgebläses angesehen werden, die es aber nicht ist. Er sagt nämlich [1], die Hitze der Flammen lasse sich dadurch vermindern, daſs man ihr Licht verstärke, und umgekehrt. Als Beispiel zur Bestätigung dient ihm die so wenig leuchtende Flamme des Knallgasgebläses. Allein theils ist dieses keine eigentliche Erklärung des rationellen Grundes, warum die Flamme des Knallgasgebläses so groſse Hitze erregt, theils ist die Behauptung keineswegs in ganzer Strenge richtig. Die Flamme des reinen Weingeistes ist nämlich keineswegs sehr helle, und giebt dennoch nur eine geringe Hitze, wenn man aber das aus gewöhnlichem Holze durch trockne Destillation erhaltene Gas auch nur mit bloſsem Wasser wiederholt reinigt, so giebt dieses eine dunkelblaue, am Tage kaum oder gar nicht sichtbare und überhaupt sehr wenig leuchtende, zugleich aber wenig erhitzende Flamme, und doch müſste diese nach dem aufgestellten Satze selbst die Knallgasflamme an Schmelzkraft übertreffen.

Es ist schon oben bemerkt, daſs die Theorie der durch Verbrennung erzeugten Wärme im ganzen Umfange hier nicht untersucht werden kann, und die Erklärung eines einzelnen Phänomens ist ohne Nachweisung ihres Zusammenhanges mit dem Ganzen nicht eigentlich möglich. Inzwischen kann ich die vorliegende Erscheinung, auf welche später wieder Rücksicht genommen werden muſs, nicht wohl auf demjenigen Standpuncte lassen, auf welchen sie durch die angegebenen beiden Erklärungen und meine Kritik derselben gestellt ist, um so mehr, als hiernach auf den ersten Blick eine physische Unmöglichkeit vorhanden zu seyn scheint, daſs durch das Gasgebläse überall Hitze erzeugt werde. Allein die Sache verhält sich anders. Bei der angeführten Berechnung ist nämlich diejenige Wärme genommen, welche gleiche Massen Sauerstoffgas, Wasserstoffgas, Wasserdampf und Wasser um gleiche Thermometergrade zu erwärmen erfordert wird, und aus diesem Gesichtspuncte betrachtet ist die specifische Wärme des Wassers allerdings gröſser als die seiner gasförmigen Bestandtheile, so daſs

1 G. LVI. 148.

Raume gefunden zu haben, da dieses doch nach der Analogie des Newman'schen Gebläses oft geschehen müſste. Es läſst sich hiergegen allerdings anführen, daſs ein solches Rückschlagen der Flamme kaum oder überall nicht bemerklich seyn kann; denn da die Strömung beider Gasarten ununterbrochen fortdauert, so wird der durch eine solche Explosion erloschene Gasstrom sofort durch einen neuen ersetzt werden, welcher sich bei der Berührung des glühend gebliebenen Körpers augenblicklich wieder entzündet und weiter brennt. Aus meiner eigenen Erfahrung muſs ich allerdings bekennen, daſs ich nie etwas einer Explosion gleichendes beim Gebrauche des Hare'schen Gebläses wahrgenommen habe, allein ich kann dieses auf keine Weise als einen Beweis für die aufgestellte Behauptung ansehen, denn es ist gewiſs, daſs die brennende Flamme oft plötzlich erlosch, ohne daſs ich hierfür irgend einen Grund aufzufinden weiſs, auſser eine ſolche, jedoch ihrer Geringfügigkeit wegen nicht bemerkte, Explosion. Auf der andern Seite muſs wohl überlegt werden, wie leicht die Gasarten sich mengen, noch dazu wenn sie, wie hier, stark bewegt in einander flieſsen, und sollte auch sonst wohl der Fall einer nicht vollständigen Vereinigung denkbar seyn, so läſst sich dieses doch nicht weiter als bis auf den Augenblick ausdehnen, wo beide mit einander verbrennen, weil sie dann nothwendig vollständig mit einander verbunden seyn müssen, indem selbst nach den Principien des Volta'schen Eudiometers eine unvollständige Verbindung beider und daraus folgende, von der im Newman'schen Gebläse vorgehenden abweichende Verbrennung kaum vorstellbar ist. Ist aber die Verbindung der constituirenden Gasarten des Knallgases in beiden Gebläsen gleich, also die Verbrennung in beiden ganz dieselbe, so ist nicht begreiflich, worin die gröſsere Hitze der einen Flamme vor der anderen zu suchen sey, denn das zweite Argument ist, wie wir gleich sehen werden, ganz unzulässig.

Wir können von dieser Untersuchung sogleich eine Anwendung auf eine eben gleichfalls erörterte Frage machen, nämlich, welches Verhältniſs der Gasarten zur Erzeuguug der gröſsten Hitze das vortheilhafteste sey. Ich glaube diese, wie schon oben angedeutet wurde, ganz bestimmt dahin beantworten zu können, daſs dasjenige Verhältniſs das beste seyn müsse, wobei die beiden Gasarten am Vollständigsten zersetzt werden, also dem Volumen nach zwei Theile Wasserstoffgas auf ein Volu-

men Sauerstoffgas. Wird nämlich durch die Vereinigung beider zu Wasser überhaupt Wärme erzeugt, so muſs jeder Zusatz eines unzersetzten Antheils von Gas die in einem gewissen Raume erzeugte Hitze schwächen, weil sie zur Erzeugung derselben nicht beiträgt, wohl aber so viel entzieht, als sie zur eigenen Erhöhung der Temperatur erfordert. Man könnte allerdings sagen, daſs ein Ueberschuſs von Wasserstoffgas auf Unkosten des atmosphärischen Sauerstoffgases verbrenne, und dadurch die Hitze vermehre, allein dieses Argument findet einen Gegengrund auch darin, daſs dann allezeit das übrigbleibende Stickgas auf Unkosten der erzeugten Hitze erwärmt werden müsse. Jedoch kann man auch hiergegen wieder sagen, daſs in dem Gasstrome stets eine gewisse Menge der umgebenden atmosphärischen Luft mechanisch fortgerissen werde, und es besser sey, einen Theil von dieser durch überschüssiges Wasserstoffgas zur Vermehrung der Hitze zu benutzen, als das Ganze zu erhitzen. Diese Erklärung, gegen welche allerdings nichts Bedeutendes einzuwenden ist, würde ich nur dann gelten lassen, wenn es zuvor erwiesen ist, daſs ein solcher Ueberschuſs von Wasserstoffgas über das genaue Mischungsverhältniſs des Knallgases die erhitzende Kraft des letzteren vermehrt, indem ich übrigens nicht glaube, daſs beim Knallgasgebläse ein Theil der atmosphärischen Luft in die Flamme eindringt, da sie so fein, und mit ihrer Basis gegen das Blaseröhrchen gestützt ist. Ihre Feinheit in Vergleichung mit der Flamme des Wasserstoffgases läſst sich beiläufig daraus leicht erklären, daſs die letztere das Sauerstoffgas zu ihrer Verbrennung aus der atmosphärischen Luft aufnehmen muſs, die erstere dagegen die Bedingung des Verbrennens in sich selbst hat, und aus zwei Bestandtheilen besteht, welchen das gröſste Bestreben nach Verbindung eigen ist.

Der zweite Grund, welcher für den Nutzen der Compression entscheiden könnte, nämlich daſs die Flamme dadurch eine schnellere Bewegung erhält, scheint mir ganz unzulässig. Zuvörderst könnte zwar das gemeine Löthrohr auf den Gedanken führen, daſs ein stärkerer Druck der Flamme (wenn man sich dieser Bezeichnung bedienen darf) die Wirkungen derselben verstärke, allein dann müſste das Löthrohr so viel stärkere Hitze geben je stärker dasselbe angeblasen wird. Dieses streitet aber gegen die Erfahrung, und es giebt vielmehr ein gewisses, bei nicht sehr starkem Blasen erreichtes, Maximum, über welches

hinaus die Wirkungen desselben wieder abnehmen, indem diese überhaupt nicht sowohl auf der Stärke des Luftstromes, als vielmehr auf der Zuströmung des erforderlichen Sauerstoffgases, nebst der gleichzeitigen Concentrirung der Flamme und ihrer anhaltenden Richtung auf einen bestimmten Punct beruhen. Wäre die stärkere Strömung des Gases oder der Flamme von Einflufs, so würde ihre Wirkung unmittelbar vor der Mündung des Blaseröhrchens am stärksten seyn, allein bekanntlich giebt sie in einer Entfernung von zwei bis fünf Linien von dieser die gröfste Hitze, und beim Versuche selbst merkt man deutlich, dafs das stärkere Strömen vielmehr nachtheilig als vortheilhaft ist.

Von der andern Seite läfst sich aufserdem aber leicht zeigen, dafs die Stärke der Compression im Newman'schen Gebläse auf die Stärke der Strömung entweder gar keinen oder einen nachtheiligen Einflufs hat. Es ist nämlich allgemein bekannt, wie sehr die Geschwindigkeit der in Röhren strömenden Luft schon durch eine einzige Krümmung der Röhre, oder durch ein anderweitiges Hindernifs vermindert wird. Bei dem Newman'schen Gebläse mufs das Gas aber zuerst durch Oel oder Wasser aufsteigen, dann durch zwei feine Drahtgewebe dringen, dabei seine Richtung in einem rechten Winkel ändern und zuletzt noch durch ein Bündel der feinsten Haarröhrchen strömen, so dafs seine Geschwindigkeit unmöglich noch bedeutend seyn kann, vollends wenn man allem diesem nach eine Lage von Asbestfäden hinzufügen wollte. Gesetzt aber das Gas wäre bei seinem Austritte aus dem Blaserohre noch bedeutend verdichtet, so würde es sich unmittelbar beim Austritte in die atmosphärische Luft seiner Dichtigkeit proportional expandiren, dadurch aber müfste auf Unkosten der erzeugten Hitze eine bedeutende Bindung von Wärme verursacht werden. Wenn man also alles dieses und das oben schon Gesagte zusammennimmt, so folgt aus theoretischen Gründen ganz evident, dafs dem Hare'schen Gebläse vor dem Newman'schen der Vorzug gebührt. *M.*

Gefrieren S. Wärme.

Gefühl.

Tactus; Tact; Toucher; *Feeling*; *Touch.*

Hierunter versteht man zuerst im Allgemeinen die dem ganzen menschlichen und thierischen Körper und seinen Theilen

eigene Fähigkeit, zu empfinden, welche eine Folge der überall verbreiteten Nerven ist. In diesem Sinne ist das Gefühl gleichbedeutend mit der *Empfindlichkeit* oder der *Sensibilität*, *(Sensibilitas*, Sensatio, *Aesthesis)*, dem Vermögen der gesunden Nerven, ihren jedesmaligen Zustand oder ihre Gegenwirkung gegen die auf sie einwirkenden Reize in dem Gehirn bemerkbar zu machen. Die hornartigen Theile des Körpers, als Oberhaut, Nägel, Haare, Knochen, Knorpel, Bänder, Sehnen, die sehnenfaserigen und serösen Häute enthalten keine Nerven, und sind daher unempfindlich; wenig empfindlich sind die Drüsen, einige Eingeweide, die Milz, mehr aber und in steigender Progression die Leber, Lungen, Nieren, Hoden; allein es treten Nerven in ihre Gefäſse, und dringen mit ihnen in die Masse selbst ein, daher solche entzündete Theile, namentlich auch die Knochen, höchst empfindlich sind.

Werden die überall verbreiteten Nerven auf irgend eine Weise gereizt, welches durch geistige Vorstellung, Mitleidenschaft oder Sympathie, Berührung, Druck, Stoſs u. dgl. mehr, hauptsächlich durch das el. Fluidum geschehen kann, so entsteht hieraus allezeit eine Empfindung, welche von dem leisesten und angenehmsten Gefühle bis zum heftigsten Schmerze in den verschiedensten Arten, z. B. das Gefühl der Hitze oder Kälte, der Trockenheit, Übelkeit, des Juckens, Kitzels, Hungers u. s. w. gesteigert wird. Hierbei herrscht allezeit viel Subjectives, insofern die Nerven bei verschiedenen Individuen verschieden reizbar sind; zum Theil ist auch die Gewohnheit von Einfluſs, insbesondere aber die Vorstellung, wie man namentlich beim Gefühl des Kitzels sieht, indem niemand sich selbst zu kitzeln vermag, wie empfindlich er auch sonst dagegen ist. Der Reizbarkeit des Gefühls steht die Abgestumpftheit desselben *(torpor)* und Gefühllosigkeit *(anaesthesia)* entgegen, wie bei Lähmungen, dem kalten Brande u. s. w. Temporäre und örtliche Unterbrechungen des Gefühls geben das sogenannte Einschlafen und das viel seltenere Absterben einzelner Glieder, z. B. der Finger, welche dann weiſs, kalt und steif werden, so lange dieser Zustand dauert. Gänzlicher Mangel des Gefühls, oder ein so geringer Grad desselben, wie man wohl bei den Wilden angenommen hat, welche unter den schrecklichsten Martern sich fröhlich stellen, ist im gesunden Zustande nicht stattfindend, sondern es ist dieses mehr eine Unterdrückung des Schmerzes

durch den Willen, wie sich aus dem Betragen der Fakirs und der Märtyrer aller Zeiten bei selbstgewählten oder auch von andern zugefügten Martern ergiebt. Hierfür entscheidet auch die Erfahrung, dafs leidenschaftlich gereizte Menschen, z. B. im Kriege, im Zorn oder bei eifrigster Aufmerksamkeit auf interessante Gegenstände den Schmerz anfangs nicht fühlen. Ein geringerer Grad des Schmerzes, ein sogenannter tauber oder stumpfer Schmerz findet auch dann statt, wenn die Nerven sammt den sie umhüllenden Theilen des Körpers zerdrückt und zerstört werden, weswegen Schufswunden, das Abschlagen der Glieder mit einem stumpfen Instrumente und das Rädern im ersten Augenblicke schmerzlos oder unbedeutend schmerzhaft sind [1].

Die Nerven, welche das Gefühl vermitteln, sind überall durch den Körper verbreitet und verlaufen sich vorzüglich nach der Oberfläche hin, also in die Haut in unzähligen höchst feinen Verzweigungen. Sie sind weder mit einer die Empfindung leitenden Flüssigkeit umgeben, noch als Röhrchen damit angefüllt, nicht straff gespannt, um vibriren zu können, noch kann man ihrer Substanz eine eigenthümliche Elasticität, als den Kugeln, welche den Stofs fortschlagen, beilegen, und die eigentliche Art der Fortleitung der Empfindung durch dieselben bleibt daher räthselhaft. Die früher geglaubte geringe Elasticität der Flüssigkeiten ist zwar gegenwärtig widerlegt, und so könnte die Nervensubstanz allerdings gleichfalls elastisch seyn, allein es ist gar kein Grund vorhanden, ihr diese Eigenschaft in einem höheren Grade beizulegen, als den übrigen animalischen Stoffen, und hierauf die eigenthümliche Wirksamkeit der Nerven zu gründen.

Verschiedene Physiologen waren geneigt, das elektrische Fluidum, oder ein diesem ähnliches, in der Nervensubstanz anzunehmen, durch welches die Empfindungen mit einer den bekannten Bewegungen der Elektricität ähnlichen Schnelligkeit zum Sensorium gebracht würden. Die letztere Annahme eines eigenthümlichen Fortleitungsmittels läfst, genau genommen, die Sache unerklärt, erweitert aber und erschwert die künftige Untersuchung durch Einführung einer unbegründeten, jederzeit

1 Eine ganz entgegengesetzte, der allgemeinen Erfahrung widerstreitende Ansicht, findet sich weitläuftig auseinander gesetzt von Lichtenberg in vermischte Schriften. Gött. 1803. V. 496.

aufs Neue zu berücksichtigenden und zu prüfenden Hypothese; die erstere hat dieses nämliche zum Theil, und noch das wider sich, daſs die Fortpflanzung des Nervenreizes dann bloſs durch Isolatoren unterbrochen werden müſste, was gegen die Erfahrung streitet.

Alexander von Humboldt [1] nahm daher einen, die Nerven umgebenden, bis 1,25 Lin. von ihrer Masse sich erstrekkenden Nervenäther an, welcher die Empfindungen fortleiten soll und Reil [2] glaubte, daſs die Empfindungskraft der Nerven hierdurch den umgebenden Theilen mitgetheilt werde. Zu beiden Hypothesen ist gar kein Grund, vielmehr steht mit ihnen im Widerspruche, daſs verschiedene Theile der Haut für leichte Berührungen, z. B. mit einer feinen Nadelspitze, wirklich unempfindlich sind, übrigens aber ohne unmittelbares Eindringen in den Körper kein Gefühl hervorgebracht wird und die Empfindlichkeit irgend eines Theiles sogleich aufhört, wenn der zugehörige Nerv umbunden, oder durch den feinsten Schnitt getrennt ist. Zur Unterstützung jener Hypothese kann nicht angeführt werden, daſs Blinde oder auch Sehende in völliger Dunkelheit anwesende Wände oder sonstige Gegenstände vermittelst des Gefühls vermeiden, denn hierbei ensteht ohne eigentliche Berührung eine Empfindung durch den Gegendruck der Wände gegen die bewegte Luft und durch die modificirte Wärmestrahlung [3].

Durch den erzeugten Reiz der Nerven den Ort zu bestimmen, wo die Empfindung hervorgebracht wird, vermögen wir bloſs durch Übung und nicht durch unmittelbare Wahrnehmung. Eben daher pflegen Amputirte in der ersten Zeit die Gefühle, welche in den gebliebenen Nervenenden hervorgebracht werden, noch auf das verlorne Glied zn beziehen. Die Täuschung, als wenn wir an der Stelle der Reizung selbst die Empfindung wahrnähmen, rührt hauptsächlich von der unglaublichen Schnelligkeit her, womit der Eindruck zum Gehirn fortgepflanzt und die zugehörige Bewegung durch Rückwirkung der Nerven auf die Mus-

1 Ueber die greizte Muskel- und Nervenfaser I. 163 ff.

2 Exercit. anal. p. 28. Physiol. Arch. III. 200.

3 Vergl. L. v. Baczko. Ueber mich selbst und meine Leidensgefährten, die Blinden. Leipz. 1807. 8. S. 77. Zeune's Belisar. Berl. 1822. 8. S. 17 u. 122.

keln hervorgebracht wird, ohne dafs wir uns jederzeit eines eigentlichen Entschlusses, einer Willensthätigkeit, bewufst sind.

Wird der Ausdruck: Gefühl in der hier angegebenen Bedeutung genommen, so bezeichnet er zugleich diejenige Thätigkeit, welche allen Sinnen auf eine, jedoch eigenthümlich modificirte Weise zukommt.

In engerer Bedeutung versteht man unter *Gefühl*, oder dem *Sinne des Gefühls*, das Tasten, den Tastsinn, *Tactus*; le toucher, *the touch*. Der hauptsächlichste, wo nicht eigentliche Sitz dieses Sinnes, als solches, sind die Spitzen der Finger, welche nach vorn und innen mit einer nervenreichen Substanz versehen sind, indem die Haut regelmäfsig gereihete Wärzchen enthält, mit einer dünnen Oberhaut überzogen, ohne dafs jedoch die Natur für diesen Sinn eigenthümliche und abgesonderte, für sich bestehende Nerven bestimmt hat, wie für die übrigen Sinne. Durch den eigenthümlichen Bau der Finger, den Schutz der Nägel und den Gegenhalt, welchen diese den Papillen der Fingerspitzen beim Tasten gewähren, durch die Form der Hand und die gegenseitige Lage beider Hände gegen einander, so wie endlich durch die Beweglichkeit beider Arme wird der Gebrauch dieses Sinnes sehr unterstützt [1], und kann deswegen durch die Zehen, auch wenn diese möglichst geschont sind, ihrer zahlreichen Nervenspitzen ungeachtet, nie ersetzt werden.

Der eigentliche Tastsinn gehört dem Menschen ausschliefslich zu, so viel auch bei manchen Thieren durch Fühlhörner, Baarthaare u. dgl. für die Unterstützung des Gefühls gesorgt ist. Durch diesen Sinn erhalten wir Vorstellungen von den Körpern aufser uns, von ihrem Volumen, ihrer Gestalt, der Ruhe und Bewegung, der Härte oder Weichheit, der Festigkeit oder Flüssigkeit, der Wärme, Kälte, Trockenheit u. s. w. Wird die zur Bedeckung dienende Haut durch öfteren Druck bei grober Arbeit rauh und hornartig, so verlieren die Fingerspitzen ihre Feinheit des Gefühls, werden dagegen empfindlicher durch Verfeinerung dieser Haut und durch Uebung. Indem Blinde des Tastsinnes

1 Le Cat Traité des sens Par. 1767. 8. p. 203. Vinc. Phal Diss. de tactu. Vienn. 1778. 8. J. Fr. Schröter: das menschliche Gefühl oder Organ des Getastes. Leipz. 1814. fol.

vorzüglich bedürfen, so erlangen diese in einzelnen Fällen eine ungewöhnliche Fertigkeit, Form und Rauhheit verschiedener Körper, sehr selten auch ihre Farben zu unterscheiden. Beispiele von Blinden, welche mit den Händen allerlei zusammengesetzte Arbeiten verrichten, sind nicht eben selten. So lebte in den achtziger Jahren des vorigen Jahrhunderts in Hameln an der Weser Lakemann, Sohn eines Bäckers, dessen eines Auge in den Pocken ausschwor, das andere mit einer dicken Haut überzogen wurde. Er spielte auf jeder Orgel, nach kurzer Orientirung, zum Choral, reparirte kleine Fehler dieser Instrumente, und verfertigte zuletzt selbst eine kleine mit wenigen Registern, welche durch Loose ausgespielt, dem Besitzer zu allgemeiner Freude wieder zufiel, und dann von ihm in eine kleine Kirche der Umgegend verkauft wurde. Ein ähnliches Beispiel liefert Saunderson, welcher im zweiten Lebensjahre blind wurde, sich aber dennoch eigene Zeichen für den Tastsinn zusammensetzte, und hiermit rechnete, worin er es zu einer solchen Fertigkeit brachte, dafs er Professor der Mathematik zu Cambridge wurde, und eine Algebra schrieb [1].

Seltener oder gar nicht vorhanden sind dagegen Beispiele von solchen, welche auch die Farben der verschiedenen Körper zu unterscheiden vermochten. Das älteste bekannte Beispiel dieser Art ist der Organist Vermaassen, welcher nach R. Boyle [2] diese Fähigkeit gehabt haben soll; auch erzählt Baczko [3] von sich selbst, dafs er die Oberflächen von einigen gleichgeschnittenen Tuchproben von gleicher Güte und verschiedener Farbe unterscheiden konnte. Schwarz war ihm am sprödesten, dann dunkelblau, zuletzt dunkelbraun und dunkelgrün, welche er nicht mehr unterscheiden konnte, so wenig als überhaupt seidene und baumwollene Zeuge. Auch Zeune [4] stellte mit 13 blinden Zöglingen Versuche an, indem diesen abwechselnd verschiedenfarbige Stücke Tuch zu unterscheiden hingegeben wurden. Unter 630 Versuchen trafen 386 zu, 244 aber nicht. Wenn daher Grimadli [5] von einem Blinden erzählt, dafs er die verschie-

1 Clemm's mathem. Lehrbuch 3te Aufl. Stuttg. 1777. I. 144. §. 367.
2 Phil. Works II. 11. Pechlin observat. physico-med. p. 408.
3 a. a. O. S. 145.
4 a. a. O. S. 20.
5 Fract. phys. math. de lum. et col. lib. I. prop. 43.

denen Farben eines bunten, jedoch allenthalben gleichmäſsig gewebten seidenen Zeuges durch das Gefühl habe unterscheiden können, so grenzt dieses schon an das Unglaubliche, völlig abentheuerlich aber ist die Erzählung Sloane's in der Encyclopaedia britannica von einer blinden Dame, welche nicht bloſs alle Farben unterscheiden, sondern auch die feinsten Arbeiten mit der Nadel verfertigen konnte [1]. Endlich ist die Nachricht vom Herzog Ludwig Engelbert von Aremberg, welcher die feinsten Farbenunterschiede bei Tüchern durch den Tastsinn erkannt haben soll [2], zu wenig historisch begründet, als daſs sich ein Schluſs hierauf bauen lieſse.

Das Unterscheiden der Farben bis zu einer gewissen Grenze kann unmöglich schwer seyn, weil die Farbestoffe (Pigmente) in den Zeugen, nicht aber die eigentlichen Farben unterschieden werden. So erklärt sich die Sprödigkeit der schwarzen Tücher sehr natürlich aus dem zum Färben derselben genommenen Eisen. Hätte das in den Nerven hypothetisch angenommene Fluidum im Wesen Aehnlichkeit mit dem elektrischen, so könnte man mit schwacher Wahrscheinlichkeit die Unterscheidung der Farben auf den Unterschied der positiven und negativen Elektricität zurückführen, allein diese Hypothese ist keineswegs durch genügende Gründe unterstützt [3]. *M.*

Gegenfüſsler.

Antipoden; *Antipodes*, *Antichthones*; Antipodes; *Antipodes*.

Da die Erde frei im Raume schwebt, und die Bewohner der einen Seite offenbar ihre Füſse gerade der Richtung entgegen wenden, die an der andern Seite statt findet, so sind die an den entgegengesetzten Enden desselben Durchmessers Wohnenden

1 Vergl. *Gesicht*.

2 Allg. Anz. d. Deutsch. 1823. Jan. S. 24.

3 Grundriſs der Physiologie von K. A. Rudolphi. 2 Vol. Berl. 1821. 23. II. 1—86. Biologie oder Philosophie der lebenden Natur für Naturforscher und Aerzte von G. R. Treviranus VI. 202. Gött. 1822. Dieser dehnt den Begriff des Tastsinnes weiter aus, setzt ihn daher auch in die Lippen der Menschen, die Schnauze einiger Thiere, die Zunge, die Fühlhörner der Insecten u. s. w.

Gegenfüſsler. Das Zenith derer, die am einen Ende wohnen, stimmt mit dem Nadir derer, welche am andern Ende desselben Durchmessers wohnen, überein.

Da die Richtung der Schwere überall gegen die Erde zu geht, so befinden sich die Bewohner der einen und der andern Gegend in ganz gleichen Beziehungen gegen die Wirkungen der Schwere, und es ist hier wohl nicht nöthig, bei dem Einwurfe zu verweilen, daſs ja dann die einen den Kopf unten hätten, indem der Kopf der andern oben ist. Die Richtung von oben nach unten ist nämlich in jedem Puncte der Erd-Oberfläche die gegen die Erde zu gehende Richtung.

Für einen Ort, dessen Breite nördlich ist, wohnen die Antipoden in eben so groſser südlicher Breite, und in einer um genau 180 Gr. verschiedener Länge. Jener Ort hat daher Frühlings-Anfang, wenn dieser Herbstes-Anfang hat; jener Ort hat Mitternacht, wenn dieser Mittag hat.

Die Neu-Seeländer sind die Antipoden der westlichsten Gegenden von Europa, und der dem mittlern Deutschlande gerade gegenüberliegenden Punct der Erde ist auf dem Meere zwischen Neu-Seeland und Süd-America.

Schon die Alten machten die richtige Bemerkung, daſs es, wofern die Erde frei im Raume schwebe, Gegenfüſsler, *qui adversis, vestigiis stent contra nostra vestigia,* geben könne [1]. Dagegen haben einige Kirchenväter und andere Theologen sich sehr eifernd gegen diese Lehre erklärt [2], was aber für uns von geringem Interesse ist, da wir das Glück genieſsen, das was wahr ist, glauben und sagen zu dürfen. *B.*

Gegenschattige.

Antiscii; Antisciens ou Antésciens; *Antiscians.*

So heiſsen die Bewohner derjenigen Gegenden, deren Schatten im Mittage auf entgegengesetzte Seiten fallen. Diejenigen, welche nördlich vom Aequator wohnen, sehen am Tage der Nachtgleiche sämmtlich ihre Schatten nach Norden zu fallen, während die

1 Cic. Quest. acad. IV. 39. Plinius hist. nat. II. 65; Plutarchus de facie Lunae.

2 Lactant. Instit. Divin. III. 24; Augustinus de civit. Dei. XVI. 9. Aventini Annal. Bojor. L. III.

Bewohner der südlichen Halbkugel alle alsdann, jeder zur Zeit seines Mittags, den Schatten gegen Süden werfen. Zu andern Zeiten des Jahres findet dieser Gegensatz statt zwischen den Gegenden, welche nördlich und welche südlich von dem Parallelkreise liegen, wo die Sonne gerade durch das Zenith geht. Für die Bewohner der gemäſsigten Zonen gilt es allgemein, daſs die Bewohner der nördlichen den Schatten Mittags nördlich, die Bewohner der südlichen den Schatten Mittags südlich sehen, und daſs sie also in Beziehung auf einander gegenschattige sind. *B.*

Gegenschein S. Aspecten.

Gegenwirkung.

Reactio, Réaction; *Reaction*; ist nach dem übereinstimmenden Sprachgebrauche aller Sprachen dasjenige, was der Wirkung entgegengesetzt ist, oder eine, einer gegebenen Wirkung entgegenstrebende Wirkung. Dieser Begriff ist so einfach, daſs er keiner Definition bedarf oder diese kaum möglich ist, ohne daſs man gezwungen wird, sich des zu definirenden Ausdruckes in der Definition wieder zu bedienen, wenn dieses gleich nicht schulgerecht seyn mag. Es würde somit die bloſse Bedeutung des Ausdruckes: *Gegenwirkung*, eben so wenig als die des ähnlichen: *Gegengewicht*, eine nähere Betrachtung in physikalischen Werken bedürfen, weil beide allgemein genügend bekannt sind, wenn nicht das Verhältniſs der Wirkung zur Gegenwirkung im Allgemeinen vielfach von den Physikern untersucht wäre. Schon die Scholastiker stellen nämlich den Satz auf[1], Wirkung sey nie ohne Gegenwirkung, die späteren Untersuchungen beziehen sich aber sämtlich auf ein durch Newton hierüber aufgestelltes, nicht allezeit richtig verstandenes, ebendaher auch verschieden ausgelegtes und mannigfaltig sowohl vertheidigtes als auch bestrittenes Axiom.

So wie Newton sein bekanntes Axiom: *Reactio aequalis actioni*, die Gegenwirkung ist der Wirkung gleich, aufstellt, welches auch umgekehrt und überhaupt allgemein rücksichtlich der Gleichheit von Wirkung und Gegenwirkung gültig ist, kann nicht wohl ein Miſsverständniſs oder ein Streit darüber stattfin-

1 Gehler im alt. Wört. II. 442.

den. Es ist nämlich dieses Axiom in der Reihenfolge der Bewegungsgesetze bei Newton das dritte [1] und lezte. Das erste ist das bekannte der Trägheit, das zweite setzt die Veränderung (überhaupt Gröſse) der Bewegung der bewegenden Kraft proportional, und das dritte ist das angegebene [2]. Hiernach wird im Allgemeinen bloſs von den abstracten Bewegungsgesetzen gehandelt, unabgesehen von der Beschaffenheit der bewegten Körper, der bewegenden Kräfte und der Richtung der Bewegung. Es versteht sich dann von selbst und kann ohne Beweis als Axiom aufgestellt werden, daſs keine Action, d. h. keine Thätigkeit stattfinden kann ohne einen Gegenstand, auf welchen dieselbe gerichtet ist, keine Wirkung ohne Object, auf welches dieselbe sich bezieht, keine Kraft ohne eine zu bewegende Last, also auch keine Wirkung ohne Gegenwirkung; wobei sich von selbst versteht, daſs nur von Körperkräften, nicht aber von geistigen die Rede ist, insofern leztere überall nicht in die Mechanik gehören, desgleichen daſs eine für den Augenblick nicht wirksame Kraft, welche wohl als existirend gedacht werden kann, zur Zeit aber als ruhend angenommen wird (z. B. die des nicht entzündeten Schieſspulvers), nicht als Kraft gilt. Newton sagt dann ferner ganz richtig, daſs zwei Körper, welche aufeinander einwirken, sey dieses durch Stoſs, Druck, Anziehung, Abstossung u. s. w. gegenseitig eine Action auf einander ausüben, welche vermöge der hierbei nothwendig stattfindenden Relativität beide eben so gut eine Wirkung *(actio)* als eine Gegenwirkung *(reactio)* auf einanderausüben, und daſs (wie bei entgegengesetzten Gröſsen) zuvor bestimmt werden müsse, welcher von beiden eine Wirkung ausübe, um zu wissen, daſs alsdann dem andern die Gegenwirkung zukomme. Endlich aber müssen beide einander entgegengesetzt seyn, weil sie sonst gemeinschaftlich seyn und einen dritten Körper voraussetzen würden, gegen welchen sie sich äuſsern müſsten, wenn sie anders als wirksam gedacht werden sollten.

So aufgefaſst kann gegen das Axiom als rein naturphiloso-

1 Phil. Nat. Princ. math. Leges motus, Lex III. T. I. p. 15. ed. Tessanek. In dieser Reihenfolge findet es sich auch bei Mac-Laurin. Phil. Neuton. p. 149.

2 Actioni contrariam semper et aequalem esse reactionem: sive corporum duorum actionem in se mutuo semper esse aequales, et in partes contrarias dirigi.

phisch nichts eingewandt werden, insofern aus dem Begriffe einer Wirkung von selbst folgt, daſs sie ein Object haben müsse, worauf sie sich bezieht, und daſs der Effect derselben nicht schon existiren kann, sondern erst durch sie erzeugt werden muſs, mithin auch Gegenwirkung zu nennen ist, insofern die Kraft zur Erzeugung derselben etwas überwinden oder überhaupt sich äuſsern muſs. Newton führt dieses Gesetz nochmals an [1], und wird deswegen von Kaestner [2] und Gehler [3] getadelt, weil er die gegenseitige Anziehung der Himmelskörper aus jenem Axiom folgere. Wäre dieses wirklich der Fall, dann müſste man in diesen Tadel mit eingehen, indem jene beide Gelehrte vollkommen Recht in der Behauptung haben, daſs eine solche Folgerung durchaus unstatthaft sey, weil sonst allgemein genommen die *actio* in einem gegebenen Körper eine gleiche *actio* in einem zweiten gegebenen Körper voraussetzen würde, da vielmehr durch die gegebene *actio* des ersteren gegen den lezteren die *reactio* in diesem erst entsteht. Bei einer bewegten stoſsenden Kugel z. B. ist zwar wohl die Fähigkeit zu einer *actio*, aber diese leztere nicht wirklich stattfindend, wie lange die Bewegung auch dauert, bis die zweite Kugel getroffen wird, und hiermit die *actio* und *reactio* zugleich eintritt. Newton hat sich indeſs oft genug darüber geäuſsert, daſs er das eigentliche Wesen und die Ursache der Anziehung weder angeben noch erklären wolle, sondern als durch Erfahrung gegeben betrachte, so daſs er in diesem Stücke unmöglich mit sich in Widerspruch kommen kann, dagegen aber folgt aus seinem Axiom nothwendig, daſs wenn die Erde vermöge ihrer Anziehung eine *actio* gegen den Mond ausübe, dieser wiederum eine dieser gleiche *reactio* ausüben müsse, und so umgekehrt in Beziehung auf den Mond gegen die Erde [4].

1 Princ. L. III. prop. 5. cor. 1. T. III. P. I. p. 32. ed. Le Seur et Jacquier.

2 Höhere Mechanik Absch. 3. §. 125.

3 Wörterb. II 444. Gehler folgt in seiner Darstellung Kaestner's, und dieser seinem Lehren Hausen, welcher sehr ausführlich, aber nicht durchaus klar dieses Problem behandelt hat. S. Hausen Programmata de Reactione. Lips. 1740. u. 1741.

4 So wie Newton den Satz stellt, kann man nicht wohl umhin, in den Tadel Kaestner's einzustimmen. Es heiſst nämlich: Et quum attractio omnis per motus legem tertiam mutua sit, jupiter in satellites

Der aufgestellte mechanische Grundsatz, dafs Wirkung und Gegenwirkung einander gleich und entgegengesetzt sind, ist ganz allgemein, die Wirkung bestehe in einer Anziehung oder Abstofsung, einem Drucke, Stofse oder was es sey, die Wirkung treffe einen ruhenden oder bewegten, und in lezterem Falle einen in positiver oder negativer Richtung bewegten Körper. So haben auch Musschenbroek [1], s'Gravesande [2] und andere den Satz angesehen. Lezterer erläutert ihn durch viele Beispiele, unter andern auch durch die wechselseitige Anziehung zwischen einem Magnete und dem angezogenen Eisen, welches Kaestner unrichtig findet. Allein s'Gravesande behauptet nicht, dafs die Anziehung des Magnetes als ihm wesentlich zugehörend aus diesem Gesetze folge, sondern nur, dafs auch der Magnet auf das Eisen eine Wirkung ausübe, die sich in dem Mafse der Stärke äufsere, welche durch die Gegenwirkung (das Gewicht) des Eisens gegeben ist. Vielmehr ist dieses Beispiel in sofern instructiv, als man sagen kann, es sey in blofser Beziehung auf den Effect gleichgültig, ob die Wirkung (*actio*) dem Magnete oder dem Eisen beigelegt werde. Ruhet z. B. ein Magnet auf einem Tische, und nähert man ihm einen eisernen Anker, so wird dieser das Bestreben zeigen, den Magnet aufzuheben, folglich unleugbar eine *actio* gegen ihn ausüben. Das Gewicht des Magnetes dagegen ist die *reactio*, und dieses wird um so viel vermindert, als die Anziehung durch das Eisen beträgt, so dafs also hieraus sehr augenfällig der Satz der Gleicheit von Wirkung und Gegenwirkung hervorgeht. Gewöhnlich bedient man sich sonst seit Kaestner des Beispiels von der Kraftanwendung eines Pferdes. Beträgt die Kraft des letzteren 1000 ℔., und der Widerstand der Last gleichfalls 1000 ℔., so wird auf gleiche Weise Ruhe erfolgen, als wenn man zwei Pferde von gleichen Kräften in entgegengesezter Richtung antriebe; betrüge aber die zu überwindende Last nur 800 ℔., so würde das Pferd auch

suos omnes terraque in lunam ... gravitabit. Aus dem Gesetze und dieser Anwendung würde aber folgen, dafs z. B. die Anziehung der Erde gegen den Mond der Anziehung des Mondes gegen die Erde gleich wäre, was doch Newton unmöglich behaupten konnte. Mir scheint es daher, als habe er in dieser Stelle aus dem Gedächtnisse das Gesetz angeführt, und etwas anderes darin gesucht, als was wirklich darin liegt.

1 Introd. §. 270.

2 Physices Elementa math. I. 95. §. 861. ff.

keine gröfsere Kraftanstrengung anwenden können, als dieser Widerstand erfordert, und die Richtigkeit des Gesetzes bewährt sich hierbei abermals. Sehr häufig entsteht die Gegenwirkung aus der Trägheit der Körper, z. B. beim Stofse gegen ruhende Massen. Obgleich dieses an sich ganz gleichgültig ist, indem das aufgestellte allgemeine Gesetz den Zustand der Ruhe, der Bewegung und selbst der Richtung der letzteren nicht als wesentlich bedingend berüchsichtigt, so hat es doch einige Gelehrte, namentlich Hamberger [1] zu unrichtigen Ansichten verleitet: indem sie nachweisen wollten, dafs die Gegenwirkung nur durch eine Kraft, etwas wirklich entgegenziehendes oder stofsendes, erzeugt werden könne, und die Allgemeinheit des Gesetzes durch einige aus der Trägheit der Körper folgende Erscheinungen zu widerlegen suchten. Allein sie überlegten dabei nicht, dafs z. B. eine bewegte Kugel den Stofs gegen eine ruhende gleichfalls nicht durch eine eigenthümliche, ihr inwohnende Kraft, sondern nur deswegen ausübt, weil sie in ihrer einmal erhaltenen Bewegung beharret, so dafs also ihre Wirkung *(actio)* selbst eine Folge der Trägheit ist, eben wie der Widerstand oder die Gegenwirkung *(reactio)* der gestofsenen Kugel [2].

Sehr abweichend von dieser eben erwähnten Mifsdeutung eines an sich sehr einfachen mechanischen Gesetzes ist diejenige, deren sich F. A. C. Gren zu Schulden kommen läfst. Dieser übrigens scharfsinnige Gelehrte lebte in einer Zeit, als man die Wissenschaft ausnehmend zu fördern wähnte, wenn man alle Erscheinungen auf Kräfte zurückzuführen sich bemühete, wobei die meisten jedoch vergafsen, dafs die *qualitates occultae* der Scholastiker gleichfalls nichts anders als solche Kräfte sind. So wie aber Torricelli diese Ansicht verdrängte, und das Gesetz vom Gewichte und Drucke der Luft mis grofsem Nuzzen in die Wissenschaft einführte, ohne sich darum zu kümmern, woher die Luft Gewicht und Druck habe, eben so stellte auch Newton in seiner allgemeinen Bewegungslehre das Axiom auf, dafs Wirkung und Gegenwirkung einander gleich und entgegengesetzt seyen, ohne zugleich die Frage zu erörtern, was Wirkung an sich sey, und wodurch die erstere herbeigeführt

1 Elementa phys. mathem. Jena 1735. 8. §. 36.

2 Vergl. Young Lect. I. 55.

werde. Gren[1] dagegen wollte jede Erscheinung auf Kräfte zurückführen, und machte aus jenem Axiome ein anderes, nämlich daſs Wirkung und Gegenwirkung vielmehr Kraft und Gegenkraft, beide aber einander gleich seyen; ein Satz, welcher bei dem jetzigen Standpuncte der Wissenschaft und in Gemäſsheit der oben gegebenen Erklärung des Newton'schen Gesetzes keiner weiteren Erörterung bedarf. J. F. Fries[2], welcher das oben erwähnte Miſsverständniſs des hier untersuchten Gesetzes bei Kaestner und Gehler sehr gründlich aufhellet und widerlegt, will Wirkung und Gegenwirkung dynamisch nennen, wenn sie durch Grundkräfte erzeugt werden, mechanisch dagegen, wenn sie erst durch andere vermittelnde Körper bewirkt werden. Mir scheint dieser Unterschied aber weder nöthig noch überhaupt in der Sache gegründet, da das Axiom allgemein in der Bewegungslehre gültig ist, ohne Rücksicht auf die Kraft, welche eine Bewegung hervorbringt, als welche dabei vielmehr gar nicht in Betrachtung kommt. Wäre jener Unterschied anzunehmen, so müſste die Wirkung und Gegenwirkung zwischen einer durch die Schwere, als eine Grundkraft bewegten, und einer anderen durch sie gestoſsene Kugel eine dynamische seyn, würde erstere dagegen durch eine ballistische Maschine in gleiche Geschwindigkeit versetzt, so wäre Wirkung und Gegenwirkung beim Stoſse eine mechanische. Man ersieht hieraus, daſs diese Unterscheidung bloſs willkürlich und durch das Wesen der Sache keineswegs begründet ist. *M.*

Gegenwohner.

Antoeci; Antéciens; *Antecians*; sind die Bewohner solcher Orte auf der Erde, die unter gleicher Länge, aber unter entgegengesetzter gleicher Breite wohnen. So liegt zum Beispiel das Vorgebirge der guten Hoffnung mit den südlichsten Gegenden von Italien unter einem Meridiane, und die Gegenwohner des Vorgebirges der guten Hoffnung müſsten südlich von Italien in einem Puncte, wo das Mittelländische Meer ist, wohnen. Die Gegenwohner haben zu gleicher Zeit Mittag, aber ihre Jahreszeiten sind die entgegengesetzten; wenn der eine

1 Grundriſs der Naturlehre. Halle 1797. S. 69.
2 Lehrbuch der Naturlehre. Jena 1826. S. 82.

Ort die Sonne im Mittage am höchsten sieht, so steht sie den Gegenwohnern dieses Ortes am tiefsten. *B.*

Gehör.

Das Hören; *Auditus*; Ouie; *Hearing*; bezeichnet den Sinn, durch welchen Schall, Ton, Klang u. s. w. wahrgenommen werden. Aus den Untersuchungen über die Entstehung und Fortpflanzung des Schalles [1] ergiebt sich, daſs zur Afficirung dieses Sinnes keine eigenthümliche und eigends verbreitete, den Organen desselben zugeführte Substanzen erforderlich sind, wie beim Sinne des Geschmacks und Geruchs, noch daſs es hierzu eines individuellen Wesens, wie beim Auge des Lichtes bedarf, sondern daſs gewisse Schwingungen aller Körper Empfindungen in demselben hervorbringen, wenn sie durch wägbare Medien fortgepflanzt werden, wonach sich also dieser Sinn zunächst an den des *Gefühls* anschlieſst.

Das eigentliche *Sinneswerkzeug* für das Gehör ist das Ohr, welches bei den verschiedenen Thierclassen mehr oder minder vollkommen ausgebildet gefunden wird [2]. Für die Physik genügt es, den Bau dieses Organs beim Menschen zu kennen, bei welchem es im Allgemeinen am vollkommensten ist [3]. Zu demselben gehört

1 Vrgl. *Schall.*

2 Man findet dieses in Treviranus Biologie VI. 342. ff.

3 Zeichnung und Beschreibung sind entlehnt aus dem classischen Werke S. T. Sömmering Abbildungen des menschlichen Hörorgans. Frankf. a. M. 1806. Fol. Sonst können noch verglichen werden: J. G. du Verney Traité de l'organe de l'ouie cet. Par. 1683. 8. Besser in Oeuvres anatomiques publ. par Bertin. Par. 1761. 4. T. 1. A. Scarpa Disquisitiones anatomicae de auditu et olfactu. Ticini 1789. fol. A. d. Lat. üb. Nürnb. 1800. 4. Wildberg Versuch einer anat. physiol. pathol. Abhandlung über die Gehörwerkzeuge des Menschen. Jena 1795. 8. The Anatomy of the human ear, illustrated by a series of Engravings, of the natural size; with a Treatise on the diseases of that organ, the causes of deafnes, and their proper Treatment. By J. C. Saunders. Lond. 1806. fol. Dr. J. E. Trampel. Wie erhält man sein Gehör gut, und was fängt man damit an, wenn es fehlerhaft geworden ist? 2te Aufl. vermehrt u. mit Anm. von Menke. Hann. 1822. 8. J. F. Meckel Handbuch d. menschl. Anatomie Halle 1820. IV. 7 ff. J. van der Hoeven disput. de organo auditus in homine. Traj. ad Rhen. 1822. 8. A new map of the Ear, exhibiting its exter-

das äuſsere Ohr A, dessen Form bei den verschiedenen Thie- Fig. 199.
ren verschieden, im Allgemeinen aber zum Auffangen der Schallwellen zweckmäſsig eingerichtet ist. Die Versuche mit dem Hörrohre beweisen übrigens, daſs zur Verstärkung des Schalles die Weite der die Schallwellen auffangenden Oeffnung wenig oder eigentlicher gar nichts beiträgt, weit mehr dagegen das Vorhandenseyn von Krümmungen und Wölbungen, womit auch das äuſsere Ohr zweckmäſsig versehen ist, obgleich man bis jetzt die eigenthümliche Bestimmung einer jeden einzelnen derselben noch nicht speciell angegeben hat. Schon Boerhave[1] lieſs, um hierüber Gewiſsheit zu erhalten, das Ohr eines scharfhörenden Mannes in Wachs abdrücken, maſs hiernach die Reflectionswinkel der einfallenden Schallstrahlen, und will hierdurch gefunden haben, daſs alle in das äuſsere Ohr gelangende durch Reflection in den Gehörgang zurückgeworfen würden. Wenn man aber berücksichtigt, daſs das Ohr zwar am stärksten durch die perpendiculär auf seine Fläche fallenden Strahlen afficirt wird, unbedeutend schwächer aber auch durch die, in jeder Richtung dasselbe treffenden, so ist nicht wohl eine Krümmung denkbar, welche bei allen möglichen Richtungen des Einfalles die reflectirten Strahlen sämmtlich in einen Punct zu vereinigen vermöchte. Auſserdem aber sind die gewundenen, den Schall sehr verstärkenden Hörrohre keineswegs von der Art, daſs eine solche regelmäſsige Reflection von allen ihren Theilen statt finden könnte. Ehe genauere, vielen Schwierigkeiten unterworfene, Versuche hierüber nähere Auskunft geben, könnte man die Hypothese aufstellen, daſs vielleicht die sehr ungleichen und verschiedenartig gekrümmten Höhlungen durch ihre ungleiche Lage und Richtung einzeln und wechselnd die von allen Seiten kommenden Schallstrahlen auffangen und zum Gehörorgane führen. Im Allgemeinen aber muſs, auſser der oben angegebenen Verstärkung des Schalles durch jede Art von Höhlung und Wölbung, wohl berücksichtigt werden, daſs in seltenen Ausnahmen das äuſsere Ohr ohne merkbare Verminderung

nal, intermediate and internal Structure cet. by J. H. Curtis. Esqr. Lond. 1823. A Treatise on the Physiologie and diseases of the Ear. cet. by J. H. Curtis. Lond. 1827.

1 Praelect. acad. in propr. institutiones rei medicae. VI Tom. L. B. 1758. 8. III. 184.

der Fähigkeit zu hören ganz fehlt [1], und dieses daher auf keine Weise als ein, das Hören überhaupt nothwendig bedingender Theil des Gehörorgans betrachtet werden kann.

Bei den meisten Thieren ist das hervorstehende äuſsere Ohr beweglich und wird verschieden gerichtet, um den Ort des Schalles dadurch zu erforschen, dagegen besitzen nur in seltenen Ausnahmen Menschen das Vermögen, ihr äuſseres Ohr unvollkommen zu bewegen [2], und es soll dieses nach Perrault [3] nicht durch die Ohrmuskeln, sondern durch den Hautmuskel des Kopfes geschehen.

Vom äuſsern Ohre gelangt der Schall durch den *Gehörgang* (*meatus auditorius*; conduit auditif) b zum Tympanum. Käme es beim Schalle auf die Gröſse der Fläche an, welche die Schallstrahlen auffängt, so müſste der Schall durch das äuſsere Ohr 50 mal verstärkt werden, wie auch Karsten [4] andeutet, weil der Queerschnitt des Gehörganges so vielmal kleiner ist, als das äuſsere Ohr. Allein hiergegen entscheiden nicht bloſs die schon erwähnten Erfahrungen mit Hörrohren, sondern auch diejenigen, welche nach dem Verluste des äuſseren Ohres oder beim Bedecken desselben gemacht sind. Nach Savart [5], welcher in den neuesten Zeiten die Lehre von der Erzeugung und Fortpflanzung des Schalles durch eine Menge schätzbarer Untersuchungen bereichert hat, dient das äuſsere Ohr zum Auffangen der Schallwellen, durch welche es dann zugleich in Schwingungen versetzt wird, und somit die verstärkten Wellen zur *membrana tympani* leitet. Daſs alle Körper, auch sogar die am wenigsten elastischen, durch die sie treffenden Schallwellen gleichfalls in analoge Schwingungen versetzt werden, ist durch Savart genügend erwiesen, und so läſst sich denn eine Anwendung dieses allgemeinen Satzes auf das äuſsere Ohr nicht wohl in Abrede stellen; eben so ausgemacht ist es aber auch durch die oben angegebenen Erfahrungen,

1 Stark's Neues Archiv. II. 628.

2 Haller Elem. Phys. V. C. XV. p. 190. Cooper in Phil. Trans. 1800. p. 156.

3 Oeuvres de Phys. et de Mechan. p. 238.

4 Anleitung zur gemeinnützlichen Kenntniſs der Natur. Halle 1783. 8 Absch. VII. §. 94 — 100.

5 Ann. de Chem, et Phys. XXVI. 33.

dafs eine bedeutende Verstärkung des Schalles dem äufseren Ohre nicht füglich beigelegt werden darf. Die Querschnitte des Gehörganges sind elliptisch, die Fläche seiner Oeffnung beträgt im Mittel bei ausgewachsenen Menschen $5\frac{1}{13}$ Quad. Lin., die ganze Länge 9 L. die Höhe 4 L., die Breite 3 L. Die Bestimmungen der Weite hat hauptsächlich Comparetti [1] mitgetheilt, Cüvier [2] dagegen die der Länge und der Krümmungen. Der Gehörgang steigt nämlich zuerst aufwärts, dann wieder herab, dann wieder hinauf; sein Umfang ist anfangs knorpelig, mit nicht bei allen Individuen ganz gleicher Weite und Form, jedoch so, dafs man bei den meisten vermittelst hineinfallenden intensiven Lichtes das Paukenfell sehen kann [3], und mifst nach E. Home [4] im kleinsten Durchmesser $\frac{7}{20}$stel, im gröfsten $\frac{8}{20}$stel engl. Zoll. Weiterhin liegt der Gehörgang in den Schläfeknochen, ist mit einer feinen Haut überkleidet, welche in der Nähe des Trommelfelles eine dicke, klebrige, sehr brennbare, aus einem fetten Oele, einer eiweifsartigen eigenthümlichen Substanz, etwas Natron und phosphorsaurem Kalke bestehende Feuchtigkeit [5], das sogenannte *Ohrenschmalz* ausschwitzt, und am innern Ende durch eine ausgespannte Haut geschlossen wird. Diese Haut, das *Paukenfell, Trommelfell* (*membrana tympani*, membrane du tambour), eine gleichsam in einem Ringe ausgespannte elastische, nach innen etwas gewölbte Haut, schneidet den Gehörgang schief, macht oben mit demselben einen stumpfen, unten einen spitzen Winkel, und besteht aus einer eigenen mittleren, vom knöchernen Gehörgange entspringenden Haut, welche auswendig mit der verlängerten Haut des äufseren Ohrganges, inwendig mit der zarteren und genauer befestigten des innern Gehörganges überzogen ist. Die mittlere eigenthümliche Haut des Paukenfelles enthält mehrere vom Umfange nach dem Mittelpuncte strahlende Fasern, welche vorzüglich an der inneren Seite sichtbar und wahrscheinlich muskel-

1 De aure int. compar. Patavii 1789. p. 142 u. 43. Treviranus Biol. VI. 368.

2 Leçons d'Anat. comp. II. 513.

3 Astley Cooper in Phil. Trans. 1801. II. 436.

4 Phil. Trans. 1800. 1. 4.

5 Fourcroy Syst. de connoiss. chim. IX. 372. Horkel's Archiv. II. 277. Vauquelin Encyclop. méth. de Chem. T. III.

artig sind, und verschiedene feine Blutgefäſse [1]. Nur in seltenen Fällen ist dasselbe mit einem Löchelchen versehen [2]. Einige ältere und sogar auch neuere Anatomen [3] nehmen eine Oeffnung im Trommelfelle als normal an, allein mit Unrecht [4]. Daſs dasselbe aber in einigen seltenen Fällen eine Oeffnung habe, ist wohl unleugbar, indeſs soll sie nach Rudolphi [5] nur durch Zerstörung in Krankheiten entstehen.

Die *Pauke, Trommel, Paukenhöhle* (*cavitas tympani*, caisse du tambour), durch das Paukenfell vom äuſsern Gehörgange geschieden, ist von einer unregelmäſsigen elliptischen, im Mittel 4 Lin. weiten Gestalt, und mit einer zarten Schleimhaut bekleidet. In derselben befinden sich die *Gehörknöchelchen*, die kleinsten im menschlichen Körper, der *Hammer* (*malleus*; marteau) β, der *Ambos* (*incus*; enclume) α, mit welchem ein kleines linsenförmiges Knöchelchen (*os orbiculare*; osselet orbiculaire ou lenticulaire) δ schon in der frühesten Lebensperiode verwachsen ist, und der *Steigbügel* oder *Stegreif* (*stapes*; étrier) γ. Hammer und Ambos sind an ihren oberen Enden mit einander, und der Hammer ist mit dem Trommelfelle verbunden.

Im Einzelnen unterscheidet man am Hammer den Kopf oder den obersten länglich rundlichen Theil, den kurzen, von allen Seiten zusammengezogenen Hals, den Grift oder die Handhabe μ, eine zwischen den Blättern des Paukenfelles liegende, unten in ein Knöpfchen endigende Zacke, und die beiden Fortsätze, den äuſsern oder kurzen, stumpfen und den vorderen langen Stachelfortsatz ν. Der Ambos gleicht etwas einem Backenzahne mit zwei Wurzeln. Der mittlere Theil oder Körper desselben ist ungefähr viereckig, plattgedrückt, und vorn mit einer vertieften Gelenkfläche versehen, wodurch der Ambos mit der Gelenk-

1 Meckel a. a. O. p. 18. E. Home in Phil. Trans. 1801. 1. 7.

2 Haller El. Phys. V. 202. Ej. Coll. Diss. IV. 308.

3 A. Q. Rivini de auditus vitiis Lips. 1717. C. 12. Portal l'Hist. de l'Anat. III. 570. VI. 1 u. 469. Vest in Medicin. Jahrb. des Oestreich. Staates. Wien 1819. V. 123.

4 Bose. Praes. Walther, Diss. de membrana tympani. Lips. 1725.

5 Handb. d. Phys. II. 126.

fläche des Hammers verbunden ist. Von seinen beiden Schenkeln endigt der obere und kürzere frei, der längere, weiter nach innen gelegene, mit einer knopfartigen Anschwellung, und ist durch das *Linsenbein* mit dem Steigbügel, nirgend aber unmittelbar mit dem Paukenfelle verbunden. Der Steigbügel hat die Gestalt, welche sein Name andeutet, liegt nicht, wie die beiden gröſseren Knochen senkrecht, sondern horizontal. Sein oberer Theil besteht aus einem zusammengedrückten, länglich rundlichen, zur Aufnahme des Linsenbeines etwas vertieften Knöpfchen, welches nur selten durch einen eingeschnürten Hals von den beiden Schenkeln getrennt ist. Letztere sind inwendig mit einer Furche versehen, worin eine feine Membrane, eine Fortsetzung der Paukenhaut ausgespannt ist. Die Basis des Steigbügels hat ganz die Form des ovalen Fensters, womit sie durch die Schleimhaut der Paukenhöhle beweglich verbunden ist, und kann, als etwas kleiner, durch diese Oeffnung in und aus dem Vorhofe treten. Die innere, dem Fenster zugewandte Seite ist flach, die äuſsere vertieft und von aufgeworfenen Rändern umgeben[1].

So wie diese Knöchelchen sind auch die zu ihnen gehörigen Muskeln mit die kleinsten im Körper. Der Ambos hat keine Muskeln, der Hammer dagegen drei, deren Bestimmung die verschiedene Spannung des Trommelfelles zu seyn scheint. Der Spanner, oder innere Hammermuskel (*Tensor tympani, Musc. mallei internus*) entspringt in der Nähe des Keilbeines, tritt in die Paukenhöhle, und ist mit seiner Sehne an das obere Ende der inneren Fläche des Hammers, dicht unter dem langen Fortsatze desselben, angeheftet. Indem er den Hammer nach innen zieht, spannt er das Paukenfell, und bringt die Reihe der Gehörknöchelchen von auſsen nach innen, wodurch der Steigbügel in das eirunde Fenster gedrängt wird. Der gröſsere Erschlaffer des Trommelfelles, gröſserer äuſserer Hammermuskel, (*Laxator tympani, Musc. mallei externus maior*) ist mit seiner Sehne an den langen Fortsatz des Hammers geheftet, zieht den Hammer nach vorn und auſsen, und erschlafft dadurch das Paukenfell. Der kleinere Erschlaffer des Paukenfelles, kleinerer äuſserer Hammermuskel (*Laxator*

1 Meckel a. a. O. 24. ff.

tymp. minor. M. mallei externus minor) der kleinste von allen, entspringt vom oberen Rande des knöchernen Gehörganges, und ist an den Griff und den äuſsern Fortsatz des Hammers geheftet. Indem er diesen nach oben, hinten und auſsen zieht, wird das Paukenfell erschlafft. Am Steigbügel endlich befindet sich nur ein Muskel, der Steigbügelmuskel (*M. stapedius*) welcher mit seiner Sehne an den hintern Theil des Umfanges des Steigbügelknöpfchens angeheftet ist. Er zieht den Steigbügel so nach hinten, daſs der hintere Theil seines Trittes in das eirunde Fenster gestoſsen wird, und zugleich die Reihe der Gehörknöchelchen so nach innen, daſs das Paukenfell dadurch eine stärkere Spannung erhält. Dieser scheint also mit dem Paukenfellspanner zusammenzuwirken [1].

Aus dieser inneren Höhle läuft ein beinahe zwei Zoll langer Canal, die *Eustachische Röhre* (*tuba Eustachiana; trompe d'Eustache*) nach der inneren Höhle des Mundes, und endigt hinten im Schlunde. Einige Physiologen nahmen an, dieser Canal sey dazu bestimmt, überhaupt den Schall zum Ohre zu leiten, und dadurch zu verstärken; allein man hört bei verstopften Ohren durch den Mund nur dann, wenn der schallende Körper die Zähne oder sonstige feste Theile berührt, mithin nicht durch die Eustachische Röhre. Eben so einfach läſst sich die durch C. Bressa [2], Sims [3] u. a. aufgestellte Hypothese widerlegen, daſs sie bestimmt sey, die eigene Stimme wahrzunehmen, indem man diese bei verstopften Ohren nur schwach hört. Vielmehr ist ihre Bestimmung wohl keine andere, als die für die Functionen des Ohrs sehr wichtige Erhaltung des Gleichgewichts in der Spannung der äuſseren Luft und derjenigen, welche sich in der Paukenhöhle befindet [4], und zugleich können die, in der Paukenhöhle abgesonderten Flüssigkeiten hierdurch einen Ausweg finden [5]. Auſser diesem Canale hängt die Paukenhöhle durch eine oder mehrere ansehnliche Oeffnungen mit dem In-

1 Meckel a. a. O. p. 27. ff.

2 Reil's Archiv. VII. 67.

3 Mém. of the Med. Soc. of London. I. Nr. 5.

4 Laurentii opp. anat. Francof. 1595. 8. lib. II. Vrgl. Bibl. univ. 1820. Mars.

5 Meckel Handb. d. menschl. Anat. IV. 41.

nern des Zitzenfortsatzes (*apophysis mastoidea*) zusammen, welcher eigentlich nur eine Fortsetzung derselben ist, durch eine Menge von Fächern in Zellen abgetheilt wird, die sich gegen seinen Umfang beträchtlich vergröſsern, und mit der Schleimhaut der Paukenhöhle überzogen sind. In der inneren Höhle des Ohres befinden sich auſser dem Gehörnerven, welcher dem Labyrinthe ausschliesſslich angehört, noch verschiedene Nerven, welche mit denen zusammenhängen, die sich in den Mund, über die Backen, die Stirn und verschiedene Theile des Kopfes verbreiten, durch welche ein Hören bei der Berührung dieser Stellen mit einem schallenden Körper erklärlich ist.

Unter die wesentlichsten Theile der Gehörwerkzeuge gehört das, was Valsalva [1] die innerste Höhle nennt, das *Labyrinth* (*labyrinthus*; labyrinthe). Man unterscheidet das knöcherne und das häutige Labyrinth. Letzteres in ersterem liegend, und ihm gleich geformt, jedoch beträchtlich kleiner, besteht aus einer dünnen, weiſslichen Haut, deren äuſsere Fläche durch lockeres Zellgewebe an die innere des knöchernen geheftet ist, und enthält eine seröse Flüssigkeit, das Wasser des häutigen Labyrinths (*aqua labyrinthi membranacei*). So viel sich bei der Kleinheit einer Zeichnung in natürlicher Gröſse erkennen läſst bezeichnet, *α* das Spiralblatt der Schnecke, oder eigentlich die der Paukentreppe zugewendete Fläche derselben; Fig. 200. *β* den im Vorhofe liegenden gemeinsamen Schlauch, und die halbkreisförmigen Röhren sind für sich kenntlch. Das eigentliche, früher allein bekannte, und das häutige einschliesſsende Labyrinth liegt über der inneren Höhle, etwas nach hinten in der festesten Masse des Schläfeknochens, bei Erwachsenen ganz mit dieser harten, zellenlosen Substanz verwachsen, ist mit einer klaren Flüssigkeit gefüllt, welche aus Wasser, etwas Eiweiſsstoff, und einer Säure, wahrscheinlich Kohlensäure (?) besteht, leicht ammoniakalisch wird [2], und die Nervenzweige des Gehörnervens in sich ausgebreitet enthält. Das Labyrinth wird in drei Theile getheilt. In der Mitte ist der Vorhof (*vestibulum*; vestibule), welcher durch eine kleine Oeffnung, das ovale Fenster (*fenestra ova-*

1 Ant. Mar. Valsalva de aure humana Tractatus. Bonon. 1704. 4.

2 P. F. Meckel diss. de labyrinthi auris contentis. Argent. 1777. 4. p. 29.

Fig. 201. *lis, semiovalis, vestibularis*; fenêtre ovale) γ mit der Trommelhöhle zusammenhängt. Letzteres ist mit einer hellen, etwas gallerartigen Flüssigkeit erfüllt, mit einem sehr zarten Häutchen überzogen und von der Basis des Steigbügels ganz überdeckt, indem diese mit dem Umfange des Fensters durch ein dünnes Häutchen so verbunden ist, daſs der Steigbügel noch etwas beweglich bleibt. Nicht weit von demselben befindet sich eine etwas kleinere, runde, gleichfalls mit einem zarten Häutchen (*membrana tympani secundaria*) überzogene, in die Trommelhöhle mündende Oeffnung, das runde Fenster (*fenestra rotunda*, *triquetra*, *cochlearis*) δ. An der einen Seite des Labyrinths befinden sich die drei halbkreisförmigen Canäle (*canales ossei semicirculares*; caneaux semicirculaires) von etwas ungleicher Gröſse, wovon zwei in einen gemeinschaftlichen Schenkel zusammenlaufen, und alle sich daher nur mit fünf Oeffnungen am Vorhofe endigen. Sie bestehen aus knöchernen Röhren, welche etwas mehr als einen Halbkreis bilden, ein wenig platt gedrückt und ungleich weit sind, und ähnliche Röhren des häutigen Labyrinths enthalten[1]. An der andern Seite des Labyrinths befindet sich die Schnecke (*cochlea*; limaçon), ein spiralförmig zu drittehalb Windungen um einen mittleren, allmälig dünner werdenden Theil, die
Fig. 202. Spindel (*modiolus*), gewundener Canal, welcher aus knöchernen Wandungen mit einer zarten Marksubstanz besteht. Die Zeichnung drückt dieses interessante, in der Mitte durchschnittene Organ aus. Die Schnecke wird durch eine, von den inneren Theile ihres Umfanges entspringende waagerechte knöcherne Platte, das Spiralblatt (*lamina spiralis*) in zwei übereinander liegende Gänge, die Treppen (*scalae*) getheilt. Das Spiralblatt selbst ist doppelt, ein oberes und ein unteres, theilt nicht die ganze Schnecke, sondern hört etwa in der Mitte der zweiten Windung als ein scharfer Haken (*hamulus cochleae*) auf; die untere Treppe, beträchtlich weiter als die obere, endigt mit dem runden Fenster nach hinten und auſsen gegen die Pauke, und heiſst daher die Paukentreppe (*scala tympani*).

1 Scarpa Anat. disquis. de Auditu et olfactu. Ticini 1789. fol.

Sie ist durch das, etwas concav ausgespannte Nebentrommelfell (*tympanum secundarium*) verschlossen, die obere und engere dagegen führt in den Vorhof, und heiſst Vorhoſstreppe (*scala vestibuli*)[1].

Sowohl aus dem Vorhofe des Labyrinths, als auch aus der Schnecke gehen furchenähnliche Vertiefungen, die sogenannten Wasserleitungen, in die umschlieſsenden Knochen. Durch diese dringt das häutige Labyrinth, und bildet zwischen dem Knochen und der harten Hirnhaut deutlich hervorragende blinde Säcke. Diese Gänge sind zugleich die Wege der Puls- und Blutadern, welche in das Labyrinth und aus demselben treten, desgleichen von Saugadern, welche die regelwidrige Anhäufung des Wassers im Labyrinthe hindern.

Im Labyrinthe befindet sich der Hauptnerv des Ohrs, der *Gehörnerv*, welcher sich theils in der Schnecke, theils im Vorhofe, theils auch in den halbkreisförmigen Canälen ausbreitet: Zwischen den beiden Blättern der Schnecke ist er strahlenförmig verbreitet, und mit büschelförmigen Enden; in den Anschwellungen (*ampullae*) der halbkreisförmigen Canäle dagegen als eine zusammenhängende, ungefaserte Substanz; in den Blasen des Vorhofs endlich als divergirende, jedoch unter einander verbundene Filamente. Er ist allein im Labyrinthe vorhanden, ohne daſs hier andere Nerven des Ohrs zu ihm stoſsen, geht mit dem stärksten Aste in das Gehirn, und wirft einen Nebenast nach der Stirn hin, dessen Zweige sich über das Gesicht verbreiten. Warum aber die Enden dieser Nerven in der innersten Höhle des Gehörorgans so verschieden gestaltet, und so weit ausgebreitet sind, da doch eine einzige Nervenspitze die Schallschwingungen zu empfangen und zum Sensorium fortzuleiten geschickt seyn müſste, dieses ist kein Gegenstand einer eigentlichen physikalischen Untersuchung. Indeſs läſst sich mit den Physiologen annehmen, daſs hierdurch das Auffangen der Schallschwingungen erleichtert und ihre Wirkung verstärkt werde[2].

So einfach es ist, die Bestimmung des äuſsern Ohrs zum Auffangen der Schallwellen und des Gehörganges zur Fortlei-

1 Meckel a. a. O. p. 30. ff.

2 Cuvier vergl. Anat. II. 471.

tung derselben in das innere Ohr zu erkennen, eben so schwer wird es, den Zweck der einzelnen Theile im inneren Ohre bestimmt anzugeben. Selbst die Bestimmung des Trommelfelles ist ungewifs, indem dasselbe weder zum Auffangen noch zum Fortleiten der Schallwellen direct dienen kann, wofür ein deutlicher Beweis schon darin liegt, dafs das Hören auch nach einer Zerreifsung desselben fortdauert [1]. Indefs wird das Trommelfell bei jedem Hören und auch beim Horchen automatisch gespannt, indem die Mitte desselben durch den mit ihm verbundenen Hammer in die Höhe gezogen wird, welches durch die Zusammenziehung des inneren Hammermuskels geschieht [2]. Einige Physiologen glauben daher, es diene dazu, den zu starken Eindruck des Schalles zu schwächen, um die feinen Gehörwerkzeuge gegen eine gewaltsame Afficirung zu schützen, weil die Schwingungen einer stark gespannten Membrane kürzer sind, als die einer schwachen. Allein dafür sind die durch den Schall verursachten Bebungen bei stark gespannten Körpern so viel energischer. Treviranus [3] legt mit mehreren andern demselben die Bestimmung bei, zum feineren Hören zu dienen und die Individualität der einzelnen Töne zu unterscheiden, welches übrigens gegen die Gesetze der Schallschwingungen streitet [4], indem überhaupt nur von der Fortleitung des schon völlig bestimmten Schalles, Tones u. s. w. die Rede seyn kann. Eben hierin liegt auch eine Widerlegung der Hypothese Kerner's und Autenrieth's [5], wonach die runde oder elliptische Form des Trommelfelles dazu dienen soll, durch seine längeren und kürzeren Fasern gleichsam verschieden klingende Saiten, z. B. für die Octaven und überhaupt für die tieferen und höheren Töne abzugeben, indem das Ohr auf keine Weise die ihm zugeführten Töne abändern soll, die Organe desselben vielmehr blofs zur Fortleitung der Schallwellen bestimmt sind, welches bei jedem Tone auf gleiche Weise durch die kürzeste wie durch die längste Saite geschehen kann. Am natürlichsten ist es daher

1 Cooper in Phil. Trans. 1800. p. 151. 1801. p. 435. Treviranus Biol. VI. 375.

2 Treviranus a. a. O.

3 a. a. O. p. 374.

4 Vrgl. *Schall.*

5 Reil's und Autenrieth's Archiv für die Physiol. IX. 337.

ohne Zweifel anzunehmen, dafs das Paukenfell überhaupt nicht zur unmittelbaren Bedingung des Hörens bestimmt sey, indem letzteres ohne dasselbe recht gut statt finden kann. Vielmehr scheint sein nächster Zweck darin zu liegen, die innere Höhle des Ohres nebst den darin enthaltenen sehr zarten Theilen gegen den Einflufs der, hinsichtlich der Temperatur, Feuchtigkeit u. s. w. stark wechselnden, äufseren Luft, gegen Staub, Thiere und sonstige Verletzungen zu schützen. Aufserdem ist die Anspannung und die ihr entgegengesetzte Erschlaffung der Gehörknöchelchen nebst der mit ihr gleichzeitigen und innigst zusammenhängenden des Paukenfelles im Allgemeinen zwar automatisch, es scheint mir daneben aber durchaus nicht zweifelhaft, dafs beides auch durch Willkür geschehen könne, um die Gehörnerven für einen leiseren Ton vorzubereiten oder gegen einen zu heftigen Eindruck des Schalles zu sichern, und hierin hätte dann allerdings der ganze Apparat der Gehörknöchelchen sowohl als auch des Paukenfelles nebst den ihnen zugehörigen Muskeln eine sehr wichtige Bestimmung.

Ueber die eigentliche Bestimmung der Gehörknöchelchen war man von jeher nicht einerlei Meinung. Einige Physiologen nämlich glaubten, sie dienten zur Fortpflanzung des Schalles vom Paukenfelle zum ovalen Fenster und von hier zum Gehörnerven, andere liefsen den Schall vom Paukenfelle an durch die Luft der Paukenhöhle zum runden Fenster geleitet werden, und von da aus zum Gehörnerven gelangen, noch andere liefsen die Fortleitung gleichzeitig auf beiden Wegen geschehen, und alle drei unterstüzten ihre Meinung mit anscheinend unwiderleglichen Gründen. Indem aber diese Frage eine ausführliche Untersuchung erfordert, letztere aber, obgleich der Physiologie zunächst zugehörig, dennoch sehr in das Gebiet der Physik eingreift, so habe ich mich bemüht, dieselbe zur endlichen Entscheidung zu bringen [1]. Hieraus ging das Resultat hervor, dafs im normalen Zustande der Schall vom Paukenfelle durch die Gehörknöchelchen zum ovalen Fenster, und von da aus zum Gehörnerven gelangt, dafs aber, wenn dieser Apparat durch eine

1 Kastner's Archiv. VII. 1 ff. Die Literatur ist dort vollständig mitgetheilt, worauf ich hier verweise, indem seit jener Zeit keine Thatsachen hinzugekommen sind, welche mich vermögen könnten, von meiner Meinung abzugehen.

oder die andere Ursache zerstört oder unbrauchbar geworden ist, die Fortpflanzuug des Schalles in einem minder vollständigen Grade durch die Luft zum runden Fenster geschehen kann, wie sie in seltenen Fällen selbst durch die Zähne oder sonstige Theile des Kopfes geschieht.

Savart, welcher wegen seiner wichtigen Untersuchungen über die Schallgesetze zu einer Entscheidung hierüber vorzüglich befähigt ist, stimmt mit dieser Erklärung in so fern überein, als er den Gehörknöchelchen die Function der Fortpflanzung des Schalles beilegt [1], zugleich aber behauptet er, das Paukenfell werde deſswegen durch den Hammer gespannt, um es gegen zu heftige Schallwellen unempfindlicher zu machen. Zum Beweise
Fig. 203. dieses Satzes spannte er über den aus Charten-Papier verfertigten abgekürzten Kegel A die feine Membrane m, streuete Sand auf diese, und fand, daſs dieser höher hüpfte, wenn die freie Membrane in Schwingungen versetzt wurde, als wenn sie durch den Hebelarm l c L in die Höhe gehoben und somit stärker gespannt war. Dieser Erfolg war wohl nothwendig, denn da die Membrane durch den Hebel einen neuen Schwingungsknoten in ihrer Mitte erhielt, muſsten die Schwingungsbogen um die Hälfte kürzer werden, und die Höhe, bis zu welcher sie den Sand schleuderte, muſste daher abnehmen. Allein damit ist noch gar nicht erwiesen, daſs die Schallschwingungen minder energisch waren, indem man als unbestreitbares Axiom annehmen kann, daſs alle Schallschwingungen so viel energischer sind, je stärker der schwingende Körper gespannt ist, namentlich aber wird die Fortpflanzung des Schalles um so unvollkommener, je schlaffer der leitende Körper ist, und hört oft bei ganz erschlafften völlig auf. Ich bin daher mehr geneigt, in dieser Beziehung der Meinung von E. Home [2] beizupflichten, nach welchem das Trommelfell gespannt wird, um mit der Verschiedenheit der äuſseren Schallschwingungen zu correspondiren (wenn nämlich hier bloſs vom Unterschiede der Stärke und Schwäche derselben, nicht aber von der individuellen Art der Töne die Rede ist), indem es im Zustande der Erschlaffung nur unvollkommene Eindrücke erhält.

Die Schwierigkeiten, welche einer genauen Beantwortung

1 Ann. Chim. et Phys. XXVI. 25; 33 u. ff.

2 Phil. Trans. 1800. I 11; 159.

der Frage über die Bestimmung des Paukenfelles und der Gehörknöchelchen hinsichtlich der Fortleitung des Schalles entgegenstehen, erstrecken sich auch auf den eigentlichen Zweck der einzelnen Theile des Labyrinths. Als man früher ungewifs darüber war, ob die Flüssigkeiten überhaupt den Schall fortpflanzen [1], und dieses wegen ihrer geringen Zusammendrückbarkeit bezweifelte, so überraschte die Entdeckung Cotugni's [2], dafs sich im Labyrinthe Wasser befinde, und Meckel's [3], dafs dasselbe ganz damit erfüllt sey. Ohne dieser Flüssigkeit eigentliche Leitungsfähigkeit beizulegen, meinte Wünsch [4] daher, die gesammte zarte und elastische Masse des Labyrinths werde erschüttert, welchem Gehler [5] beitrat. Gegenwärtig macht dieser Gegenstand keine Schwierigkeit mehr, da es erwiesen ist, dafs alle tropfbare Flüssigkeiten, wenn gleich zur Erzeugung des Schalles untauglich, ihn dennoch besser und vollständiger, als die Luft fortleiten; allein damit ist die eigentliche Bestimmung aller einzelnen Theile des Labyrinths noch keineswegs gegeben. Der Gehörnerv selbst und seine Anfänge in der Schnecke, dem Vorhofe und den halbkreisförmigen Canälen sind verschieden. Schon Scarpa [6] meinte, noch bestimmter aber glaubt Treviranus [7], dafs diese verschiedenen Nervenzweige dazu dienen, die individuelle Beschaffenheit der Töne (den Klang) wahrzunehmen, und gleichzeitig ungleichartige Töne zu erkennen. Wenn aber viele Physiologen aus der eigenthümlichen Form dieser Nervenzweige ihre individuellen Functionen bei der Wahrnehmung des einen oder andern Theils der Schallschwingungen zu bestimmen versuchten, so war dieses viel zu voreilig, indem die Physiker die eigentliche Beschaffenheit dieser Schwingungen noch gar nicht hinlänglich genau aufgefunden haben, und selbst noch kaum muthmafsen können, wodurch die Wahrnehmung der Individualität jedes einzelnen Tones bedingt wird. Es ist daher vorerst noch unmöglich anzugeben, warum ge-

1 Vrgl. *Schall; Fortpflanzung.*

2 Diss. de aquaeductibus auris hum. internae. Neap. 1760. 4.

3 Diss. de labyrinthi auris contentis. Argent. 1777. 4.

4 De auris hum. proprietatibus. Lips. 1777. 4.

5 Wörterb. II. 450.

6 De auditu el olfactu S. II. C. 4. §. 14.

7 a. a. O. S. 403.

rade so viele und so verschieden gestaltete Nervenzweige gefunden werden, warum das Labyrinth aus drei Haupttheilen besteht, gerade drei halbkreisförmige Canäle vorhanden sind, die Schnecke ihre Windungen hat u. dergl. m.

Wegen der weiten Verbreitung nnd Verzweigung der Nerven des Gehörs über verschiedene Theile des Körpers, desgleichen wegen der Fortleitung des Schalles durch feste Körper ist es möglich, auch ohne das Eindringen der Schallwellen in den Gehörgang zu hören. Daſs man durch die Zähne hören könne, wenn man einen Stab oder sonstigen starren Körper an dieselben oder zwischen sie hält und mit dem schallenden Körper in Verbindung bringt, wuſste man gewiſs in uralten Zeiten; bekannt gemacht wurde es aber zuerst durch INGRASSIA [1] und viele haben es nachher bestätigt [2]. Auf ähnliche Weise kann man sich leicht von der Fortpflanzung des Schalles und einer Art des Hörens durch die übrigen Theile des Kopfes überzeugen, wenn gleich in keinen oder mindestens in sehr seltenen Fällen diese Theile in die Functionen der eigentlichen Gehörwerkzeuge treten.

Die Feinheit, Schärfe und Genauigkeit des Gehörs oder des Hörens ist sehr verschieden, von dem höchsten Grade der *Scharfhörigkeit* bis zur völligen *Taubheit*. Bei manchen Thieren mag das Gehör im Allgemeinen feiner seyn; wie denn das Elephantenweibchen das Geschrei seines Jungen auf eine weitere Entfernung hört, als wohin das menschliche Ohr reicht [3], das Unterscheidungsvermögen verschiedener Töne ist aber bei dem Menschen gewiſs vorzüglicher, und das Wahrnehmen der Harmonie ihm allein eigen. Man bemerkt auffallend, daſs Hunde die ihnen bekannten Personen weniger an der Stimme, als vielmehr am Geruche erkennen, und obgleich die Thiere verschiedene Töne unleugbar erkennen, wie aus ihrem Locken, Ver-

1 J. Bapt. Ingrassia in Galeni lib. de ossibus Commentaria. Panorm. 1603. fol. p. 97.

2 J. Jorissen diss. med. sistens novae meth. surdos reddendi audientes physicas et med. rationes. Halae. 1757. G. H. Winkler progr. de ratione audiendi per dentes. Lips. 1759. Büchner's Abhandl. von einer besondern und leichten Art, Taube hörend zu machen. Halle 1759. 8. Vylhoorn ad Heist. Chir. p. 733. Bullet. de la société philom. N. 41. u. v. a.

3 Phil. Trans. 1800. I. p. 20.

scheuchen, und sonstigen Zeichen durch Töne unverkennbar hervorgeht, so bringen doch die schönsten Singvögel nie Harmonie hervor, und nur wenige Beispiele deuten auf ein Afficirtwerden durch dieselbe. Hierher gehören die Erfahrungen vom Wohlgefallen oder Misſsfallen der Hunde und sonstiger Hausthiere an gewissen Tönen, Instrumenten und Musikstücken [1], die Beobachtung von Archer [2], daſs eine Maus durch das Spiel der Flöte angelockt wurde, die Erzählungen von dem Eindrucke der Musik auf Spinnen [3], ferner die interessanten Versuche von Everard Home [4], wonach der Elephant bloſs die tieferen Töne eines Horns und eines Forte-Piano beachtete, der Löwe dagegen bei den hohen Tönen ruhig aufmerksam blieb, bei den tiefen aber sich wild gebärdete.

Ueber das Gehörvermögen der Fische ist lange gestritten, weil die Frage über die Fortpflanzung des Schalles durch Wasser, und indirecte über die Elasticität desselben hiermit zusammenhing. Wenn man übrigens die Fähigkeit tropfbarer Flüssigkeiten, den Schall fortzupflanzen, aus ihrer Elasticität beweisen wollte, so verwechselte man offenbar Zusammendrückbarkeit mit Elasticität. Neuere Versuche haben indeſs nicht bloſs bewiesen, daſs tropfbare Flüssigkeiten, namentlich das Wasser, sowohl zusammendrückbar als auch elastisch sind, sondern daſs selbst die gar nicht als elastisch sich zeigenden Körper, z. B. Blei, sogar in Schallschwingungen versetzt werden können [5]. Inzwischen ist das Vermögen des Gehörs bei den Fischen durch Erfahrung auſser allen Zweifel gesetzt. Schon bei Aristoteles [6], Aelian [7] und Plinius [8] findet man solche Erfahrungen erwähnt, und spätere Schriftsteller bestätigen die Sache [9], na-

1 Büffon Hist. Nat. ed. Bip. XI. 143. Kerner in Reil's u. Autenrieth's Archiv. IX. 339.

2 The American medical Recorder. Philad. 1818. I. 18.

3 Leipz. Mus. Zeit. a. v. O.

4 Phil. Trans. 1823. I. 25.

5 Vrgl. *Schall.*

6 Hist. Anim. L. IV. C. 8.

7 De nat. an. L. VI. C. 32. L. IX. C. 7.

8 Hist. Nat. L. X. C. 70 (89. ed. Bip.) Pisces audire palam est et in piscinis Caesaris genera piscium ad nomen venire, quosdamque singulos.

9 Boyle Phil. Works. III. 41. Willoughbey. Hist. Pisc. p. 228.

mentlich Fabricius[1] durch die Erzählung, daſs die Grönländischen Fischer sich hüten laut zu reden, damit nicht die Haifische an die Oberfläche kommen und die Fische verjagen. Die Anwesenheit der inneren Gehörwerkzeuge bei den Fischen ist gegenwärtig gleichfalls entschieden[2]. Die Untersuchung endlich, wie weit dieser Sinn unter den übrigen Thierclassen verbreitet sey, gehört zur vergleichenden Physiologie.

Ein überreizter Zustand des Gehörs, (*hypercusis*), gehört unter die seltenen Erscheinungen[3]; weit häufiger dagegen sind die *Schwerhörigkeit* in ihren verschiedenen Abstufungen und die *Taubheit* des einen Ohrs oder beider. Die vielen verschiedenen, hier nicht zu erwähnenden eigentlichen Krankheiten des Gehörs abgerechnet[4] ist die Schwerhörigkeit zuweilen Folge der Verstopfung des Gehörganges durch verdichtetes Ohrenschmalz[5], welches Uebel durch bloſses Reinigen des Ohres gehoben werden kann; in vielen Fällen einer Verschlieſsung der Eustachischen Röhre[6], deren Schleimhaut leicht krankhaft afficirt wird, z. B. bei katarrhalischen Beschwerden, mit welchen deswegen häufig periodische Schwerhörigkeit und ein Wiedereröffnen dieses Canals, begleitet von der Empfindung eines Knalles verbunden ist, oder bleibende Schwerhörigkeit bei fortdauernder Verstopfung derselben, in welchem Falle die Durchbohrung des Trommelfelles unter Umständen mit Erfolg ange-

1 Fauna Groenlandica. p. 129.

2 Klein Mantissa Ichthyolog. de sono et auditu piscium. Lips. 1746. 4. Baker in Phil. Trans. Num. 486. Uebers. in Hamb. Mag. V. 655. Nollet sur l'ouie des Poissons. In Mém. de l'Ac. 1743. 199. Vorzüglich A. Monro's Vergl. d. Baues und der Physiol. der Fische u. s. w. von Schneider. Leipz. 1787. 4.

3 Ittard a. a. O. p. 172. H. D. Gaubius Anfangsgründe d. med. Krankheitslehre. A. d. Lat. von Gruner. 2te Aufl. Berl. 1791. 8. S. 351.

4 S. hierüber die oben angegebenen Werke namentlich von Ittard, Trampel, Curtis u. a.

5 Valsalva de aure hum. Tractatus. In ei. opp. ed. Morgagnus. Venet. 1741. 4. p. 11. Rudolphi Grundriſs der Phys. II. 127. Ittard a. a. O. S. 121. Curtis a. a. O. S. 27.

6 Valsalva a. a. O. S. 116. nach welchem die eingeschlossene Luft zur Fortpflanzung des Schalles unfähig ist. Vrgl. Phil. Trans. 1755. Hist. de l'Acad. 1724.

wandt werden kann. Schon vor fast 200 Jahren beobachtete Riolan [1], daſs ein Tauber sich unvorsichtigerweise mit dem Ohrlöffel das Trommelfell durchstieſs, und dadurch plötzlich hörend wurde. In welcher Zeit man diesem gemäſs anfing das Paukenfell zur Herstellung des Gehörs künstlich zu durchbohren, vermag ich nicht anzugeben, gewiſs aber ist, daſs diese Operation später von Cheselden [2], nachher von Büsson [3] und andern vorgeschlagen, von Valsalva [4] aber (muthmaſslich zuerst) und nachher hauptsächlich von A. Cooper [5] und andern, jedoch nur in seltenen Fällen mit glücklichem Erfolge, angewandt wurde [6]. Die Ursache der Schwerhörigkeit, in seltenen Fällen völliger Taubheit, durch Verstopfung dieses Canals liegt muthmaſslich in einer Anhäufung des durch denselben nicht abgeführten Schleimes [7], oder in der sowohl durch Vermehrung als auch durch Verminderung des äuſsern Luftdruckes gegen das Paukenfell, (bei Erfüllung der Paukenhöhle mit verdünnterer oder verdichteterer Luft als die atmosphärische) gehinderten freien Beweglichkeit der Gehörknöchelchen; wenn nicht zuweilen in einer von der Eustachischen Röhre in die Paukenhöhle fortgehenden krankhaften Anschwellung der Schleimhäute überhaupt. In vielen Fällen ist Schwerhörigkeit sicher eine Folge der Verstopfung des Eustachischen Canals, indem man bei leichten katarrhalischen Beschwerden sehr häufig eine gewisse Stumpfheit des Gehörs wahrnimmt, welche durch das Bestreben des Niederschluckens vermittelst der hierbei statt findenden Bewegung des Kehldeckels, Gaumsegels und der übrigen Theile des Schlundes leicht gehoben wird. Daſs mit jener Verstopfung zugleich eine Aufhebung des Gleichgewichts in der Spannung der äuſseren und der in der Paukenhöhle eingeschlossenen Luft verbunden ist, wobei sich wohl in den meisten Fällen die letztere durch Absorption in einem Zustande stärkerer Verdünnung be-

1 Encheiridion anatomico-pathol. L. B. 1649. 8. p. 290.

2 Anatomy of the human body. ed. 2. Lond. 1756. p. 306.

3 Ittard a. a. O. S. 318.

4 De aure hum. p. 89.

5 Phil. Trans. 1801. II. N. XXIII. G. LIV. 394.

6 Vrgl. Himly com. de perforatione membranae tympani. Gott. 1808. 4.

7 Horn's, Nasse's u. Henke's Archiv. 1817. Mai u. Juni.

findet, dieses geht schon daraus hervor, dafs das Durchbohren des Paukenfelles in der Regel mit der Empfindung eines heftigen Knalles verbunden ist, auch empfindet man etwas dieser Art, wenn im oben angegebenen Falle die Eustachische Röhre durch das Bestreben des Schluckens sich wieder öffnet. Hierin liegt ein hauptsächlicher Beweis, dafs sowohl die Fortpflanzung des Schalles im normalen Zustande durch die Gehörknöchelchen geschieht, als auch dafs die freie Beweglichkeit der letzteren zur Vollständigkeit des genauen Hörens unentbehrlich ist. Diese wird aber aufgehoben, die Luft in der Paukenhöhle mag mehr oder weniger elastisch seyn, als die äufsere; im ersteren Falle nämlich wird das Paukenfell nach innen gebogen und der Steigbügel gegen das ovale Fenster gedrückt, im letzteren dagegen drückt die Luft das Paukenfell nach aufsen, und die Gehörknöchelchen werden gespannt. Ob übrigens die Eustachische Röhre verschlossen oder offen sey, nimmt man bekanntlich leicht wahr, wenn man nach verschlossener Nase die Luft in der Mundhöhle comprimirt, und dann den Druck derselben gegen das Paukenfell empfindet. Aufserdem aber werden Schwerhörigkeit oder völlige Taubheit verursacht durch Verstopfung der Trommelhöhle, Zerstörung des Gehörapparats oder Unempfindlichkeit des Gehörnervs. Wenn nämlich der Steigbügel verloren wird, so läuft das Wasser aus dem Labyrinthe, der Nervenapparat in demselben fällt zusammen, vertrocknet, und es ist an keine Wiederherstellung dieses Sinnes zu denken [1]. Nach Pinel [2] fehlt dieses Wasser zuweilen bei alten Personen, und ist dann Ursache der Taubheit, und so könnte allmälige Verminderung desselben in Folge der Altersschwäche auch die in sehr hohem Alter gewöhnliche Schwerhörigkeit veranlassen. Dafs übrigens das Paukenfell, der Hammer und Ambos ganz oder zum Theil fehlen können, ohne gänzlichen Verlust des Gehörs nach sich zu ziehen, ist factisch erwiesen, und mit der oben angegebenen Theorie von der Fortpflanzung der Schallwellen bis zum Labyrinthe sehr wohl vereinbar [3]. Die übrigen Krankheiten aufzuzählen, welche eine Lähmung oder Zerstörung des Gehörnervs herbeiführen, ist hier der Ort nicht, und es möge daher nur

1 Rudolphi a. a. O. S. 144.

2 Archiv. génér. de Médecine. 1824. Oct.

3 Vrgl. meine oben erwähnte Abh. in Kastner's Archiv. VII. 1.

noch im Allgemeinen erwähnt werden, daſs man sich von der noch fortdauernden Thätigkeit des Gehörnervs mit groſser Sicherheit überzeugen kann, wenn man einen den Schall leitenden starren Körper, z. B. eine Taschenuhr, zwischen die Zähne nimmt, und versucht, ob dann die Empfindung des Hörens noch statt findet oder nicht. Ist letzteres der Fall, so ist man berechtigt, den Gehörnerv für völlig unthätig zu halten.

Um den Grad der Schwerhörigkeit, namentlich bei Kindern, welche nicht blödsinnig sind, zu prüfen, schlägt Ittard[1] ein eigenes Instrument vor und nennt dieses *Akumeter.* Es besteht Fig. 204. bloſs aus einem geschlagenen kupfernen Ringe a, welcher an einem Stäbchen mn frei von der durch die Säule ef auf dem Fuſsgestelle g errichteten Maschine herabhängt, und gegen welchen der mehr oder weniger hoch aufgehobene Klöppel b schlägt. Der kupferne Ring ist deſswegen als tönender Körper gewählt, weil diese Substanz nach Ittard's Versuchen stets gleich stark tönen soll. Die Höhe des Aufhebens wird an den Graden des Quadranten cd gemessen, um die Stärke des Schalles hierdurch stets gleichmäſsig zu machen. Man belehrt dann den Patienten, bei jedem Schlage den Finger aufzuheben, verbindet ihm die Augen, und entfernt sich mit dem Instrumente stets weiter oder vermindert den Schall so sehr, daſs ein gesundes Ohr die Fähigkeit des Hörens bei dem Patienten durch Vergleichung messen kann. Freycinet bediente sich dieses Apparates, um die Gehörsstärke bei den wilden Völkern zu messen.

Worin die Operationen oder die Afficirungen des Ohres bestehen, damit es die Functionen des Hörens verrichte, dieses kann vollständig nur aus der Theorie der Schallwellen abgeleitet werden. Hier wird es daher genügen nur im Allgemeinen zu bemerken, daſs die Gehörnerven durch die mechanischen Impulse der Schallwellen auf eine ähnliche Weise afficirt werden, als die übrigen sämmtlichen Nerven durch einen Stoſs oder Druck, weſswegen auch die Thätigkeiten des Gehörs denen des Gefühls und Tastsinnes am nächsten kommen, sich zugleich aber durch einen ungleich höheren Grad der Feinheit auszeichnen. Die Unterscheidung der Höhe und Tiefe der Töne wird dann bekanntlich durch die Zahl der in einer gegebenen Zeit das Ohr treffenden Pulsus bedingt, die Wahrnehmung der Individualität

1 a. a. O. S. 206.

der Töne aber (des Klanges) beruhet auf der Eigenthümlichkeit aller die Gehörnerven gleichzeitig treffenden Schallwellen, ohne dafs es bisher möglich war, für beides den Causalnexus zwischen Ursache und Wirkung genau nachzuweisen. Ein gesundes Ohr mufs hiernach die, sowohl der Höhe und Tiefe, als auch dem Klange nach verschiedenen Töne wahrnehmen können, indefs zeigen sich hierbei viele Anomalien, deren Erklärung gemeinschaftlich in das Gebiet der Physik, Physiologie und selbst der Psychologie gehört, und in einem hohen Grade schwierig ist, wovon die wichtigsten hier kurz erwähnt werden müssen.

Merkwürdig ist schon die Eigenthümlichkeit vieler Menschen einige, namentlich hohe Töne, nicht wahrzunehmen, obgleich sie die tieferen Töne vollkommen deutlich zu erkennen vermögen. Wollaston [1] entdeckte dieses zuerst hinsichtlich gewisses hoher, pfeifender Töne der Insecten, und seine weiteren Versuche belehrten ihn, dafs dieses Unvermögen der Wahrnehmung hoher, hauptsächlich scharfer Töne sich bis zum bekannten Zirpen der Spatzen erstreckt, welches von einigen Individuen nicht mehr gehört wird. Die Fähigkeit der Wahrnehmung hoher und scharfer Töne erreicht also bei übrigens gut hörenden Menschen ungleich frühe ihre Grenze, woran Wollaston den Schlufs knüpft, dafs manche Insecten, welche sich durch die Hervorbringung sehr hoher Töne auszeichnen, z. B. die Grillen, Schnaken u. a. vielleicht diese und noch ungleich höhere Töne wahrzunehmen vermögen, gegen welche das Gehör der Menschen überhaupt unempfindlich ist, dagegen aber die dem menschlichen Ohre leicht wahrnehmbaren tieferen Töne überall vielleicht nicht hören [2]. Auffallender ist die Erzählung von F. Hoffmann [3], nach welchem ein Mensch bei völliger Taubheit blofs den Schall des Kuhhorns wahrnahm, wenn diese unglaubliche Nachricht anders gegründet ist. Rosenthal [4] kannte einen Virtuosen auf der Geige, welcher jeden falschen Ton im Orchester genau unterscheiden konnte, die Worte eines Redenden aber nur bei verstärkter

1 Phil. Trans. 1820. p. 306. Edinb. Phil. Journ. VII. 158.

2 Vrgl. *Schall.*

3 Kritter u. Leutin über d. schwere Gehör. Herausgeg. von Nicaeus. S. 2.

4 Himly's Archiv für med. Erfahrung. Jahrg. 1820. Juli S. 18.

Stimme, welches mit WOLLASTON's [1] Erfahrungen über die Unempfindlichkeit gegen dumpfere Töne als Folge einer Verdünnung der Luft in der Paukenhöhle übereinstimmt, indem diese letztere in dem erwähnten Falle vermuthlich durch Verstopfung der Eustachischen Röhre herbeigeführt war. Auch TREVIRANUS [2] erwähnt ein ihm bekanntes Frauenzimmer, welches fertige Clavierspielerin war und viel musikalisches Gehör hatte, sich beim Reden aber nur vermittelst eines Hörrohrs unterhalten konnte. RUDOLPHI [3] findet die Ursache dieser Erscheinung darin, dafs die Töne der Instrumente viel einfacher als die der menschlichen Stimme sind, wogegen man allenfalls einwenden könnte, dafs das Hörrohr die Töne nicht einfacher macht, sondern blofs verstärkt. Inzwischen bleibt auf allen Fall ausgemacht, dafs das Verstehen der Worte eines Redenden ein weit mehr zusammengesetzter Procefs ist, als das einfache Hören der Töne eines Instrumentes, nur begreift man nicht sogleich, wie das Hörrohr hierbei Hülfe gewähren konnte, da es durch sein Brausen den Schall meistens noch verwickelter macht. ITTARD [4] kannte Personen, welche an der Unterhaltung nicht Theil nahmen, aber Musik liebten und im Orchester mitspielten, dagegen andere, denen Musik und Gespräch nur ein verworrenes Getöse schien, obgleich sie einzelne, selbst leise Töne sehr gut wahrnahmen. Ungleich häufiger als diese erwähnten seltenen Ausnahmen sind Beispiele von Menschen, welche die Höhe und Tiefe der Töne nicht unterscheiden, daher falsch singen und spielen und ungleich hohe Töne verwechseln, wie unter andern J. A. H. REIMARUS dieses von sich selbst erzählt [5]. Ueberhaupt findet man eine genaue und scharfe Unterscheidung der Töne nur bei der geringeren Zahl der Menschen, und in der Regel wird eine Fertigkeit hierin nicht leicht ohne anhaltende Uebung und Anstrengung erworben.

Eine sonderbare und seltene Anomalie des Hörens ist die sogenannte *paracusis Willisiana*, wenn sehr schwerhörige

1 a. a. O.

2 Biol. VI. 323.

3 Physiol. II. 152.

4 a. a. O. S. 207.

5 J. A. H. Reimarus Anm. zu H. S. Reimarus Allgemeine Betrachtungen über d. Triebe d. Thiere. 4te Aufl. Hamb. 1798. 8. S. 257.

Personen Töne von mittlerer Stärke nur vermittelst eines gleichzeitigen starken Geräusches von Trommeln, Glocken u. s. w. wahrzunehmen vermögen. Willis [1] hat zuerst zwei Beispiele dieser Art beschrieben, das eine von einer Frau, welche nur dann sich unterhalten konnte, wenn eine Trommel neben ihr geschlagen wurde, wozu sie sich deſswegen, um ihre Geschäfte selbst zu besorgen, eine Magd hielt; das andere von einem Manne, welcher bloſs während des Geläutes der Glocken hörte. Holder [2] erzählt zwei ähnliche Fälle von einem Manne, welcher nur neben dem Getöse einer Trommel hörte, und von einem andern, welcher in einem rasselnden Wagen fahrend sich am leichtesten unterhalten konnte. Eben so erzählt Bachmann [3] von einer Dame, welche in einem Wagen fahrend oder beim Geräusche mehrerer Instrumente am besten hörte, und Fielitz [4] von einem 13jährigen Schuhmacherknaben, welcher nur dann genau reden hörte, wenn das Sohlleder auf dem Steine mit einem Hammer geschlagen wurde. Die Ursache dieser auffallenden Erscheinung liegt wohl ohne Zweifel in der verminderten Reizbarkeit der Nerven, welche die Anspannung des Hammers bewirken, um die Gehörknöckelchen in die zur Wahrnehmung des Schalles erforderliche Lage zu bringen. Ist letzteres dann einmal durch einen stärkeren Reiz geschehen, so werden alle Töne mit gröſserer Leichtigkeit wahrgenommen [5].

Endlich giebt es Fälle, in denen der Gehörnerv nur für gewisse Töne empfänglich, übrigens aber unthätig ist, wie dieses unter andern aus den am 19ten Febr. 1802 in der Schule der Taubstummen zu Paris angestellten Beobachtungen [6] hervorgeht, indem einige der Taubstummen an den scharfen Tönen einer mit dem Bogen gestrichenen Glasplatte, andere an denen einer sogenannten Stahlharmonica auffallendes Behagen zeigten. Uebrigens sind völlig taube Personen nicht selten in der Gegend der Herzgrube empfindlich gegen starkes Geräusch [7], auch ist

1 De anima Brutorum Lugd. 1676. 4. p. 99.

2 Phil. Trans. 1668. T. II. 665.

3 Diss. de effectibus Musices in hominem. Erlang. 1792. 8.

4 Richter chirurg. Bibl. IX. 555.

5 Vrgl. K. T. Menke zu Trampel a. a. O. p. 111.

6 S. Moniteur.

7 Bouviers Des-Mortiers Mém. sur les Sourds-Muets de naissance. Par. an VIII.

ein Fall genügend constatirt von einer Frau, welche bei völliger Taubheit sich mit einer Magd im Dunkeln recht gut unterhalten konnte, und alles verstand, was diese sprach, wenn sie ihr die Hand auf die Brust legte [1].

Ein sehr heftiger Schall, z. B. beim Abfeuern des groben Geschützes, pflegt die Empfindlichkeit des Hörens nicht blofs zu schwächen, sondern selbst den Gebrauch dieses Sinnes auf kürzere oder längere Zeit gänzlich aufzuheben. Ob die Ursache hiervon in einer Abstumpfung der Nerven durch den zu heftigen Reiz liege, oder in einem zu starken mechanischen Drucke, etwa der Gehörknöchelchen gegen die Feuchtigkeit des ovalen Fensters, oder in einer sonstigen Veränderung des Gehörapparates, hierüber wage ich für jetzt nicht zu entscheiden, auch scheint es mir überflüssig, die hierüber aufgestellten wenigen Hypothesen weiter zu erwähnen.

Man unterscheidet die schallenden Gegenstände durch die Individualität des Tones (den Klang), welchen sie hervorbringen, in welcher Hinsicht das Urtheil im Allgemeinen sehr genau und richtig, und bei vorzüglicher Uebung selten trügend ist. Weit weniger ist dieses der Fall bei der Bestimmung des Orts und der Entfernung schallender Körper, und die mannigfaltigen Täuschungen durch diesen Sinn sind so viel auffallender, je mehr man die durch ihn gewährte Genauigkeit der Bestimmungen mit denen vergleicht, welche der Sinn des Gesichts gewährt, ja man darf im Allgemeinen fast sagen, dafs es kaum möglich ist, aus dem gehörten Schalle den Ort und die Entfernung des schallenden Körpers zu bestimmen. Rücksichtlich der Entfernung findet nicht wohl eine genaue Messung statt, weil es keinen physikalischen Grund giebt, worauf sich ein Urtheil bauen liefse, indem der einzig denkbare, nämlich die Stärke des Schalles, wegen vielfacher Nebenbedingungen keinen festen Gesetzen unterworfen ist. Blofs die menschliche Stimme beim Reden, insbesondere wenn dieses von bekannten Personen und in der Nähe geschieht, kann mit grofser Genauigkeit rücksichtlich des Ortes und der Entfernung bestimmt werden, und absichtliche Schwächung und Verstärkung des Tones bei den Bauchrednern erzeugt daher die Vorstellung einer gröfseren oder

1 Pfingsten vieljährige Erfahrungen über die Gehörfehler der Taubstummen. Kiel 1802. S. 32.

geringeren Entfernung der vermeintlich redenden fremden Person, worauf eine Hauptbedingung der Täuschung beruhet. Auch die Bestimmung des Ortes, wo der schallende Körper sich befindet, ist sehr schwer, und vielen Täuschungen unterworfen, welche nicht allezeit auffallen, weil man vielfach die schallenden Gegenstände dahin setzt und nach dem Schalle da zu erkennen glaubt, wo man ohnehin weiſs, daſs sie sich befinden. Als physikalischer Grund dient hierbei die Stärke oder gleichsam die Schärfe der Schallwellen, denn obgleich man annimmt, und in vielen Fällen mit Recht, daſs die Schallwellen sich vom schallenden Körper aus nach allen Seiten hin mit gleicher Stärke ausbreiten, so haben doch die neuesten Versuche von Weber[1] gezeigt, daſs sie unter Umständen nach gewissen Richtungen hin ungleich schärfer sind, als nach andern, und namentlich sind sie kenntlich stärker von einem Redenden, wenn er dem Hörenden zugewandt, als wenn er von ihm abgewandt ist, weil im ersteren Falle die zwischen beiden befindliche, den Schall fortleitende Luftsäule in der Oberfläche des Gesichts einen den Schall verstärkenden Widerstand findet. So erzählt Diderot[2] ein Beispiel von einem Blinden, welcher im Zanke mit seinem Bruder diesem einen ergriffenen Gegenstand an den Kopf warf. Zugleich liegt aber eine Ursache zu vielfachen Täuschungen darin, daſs man den schallenden Gegenstand dahin setzt, woher die stärksten Schallwellen zum Ohre gelangen. So wird man in Zimmern den Schall am vollkommensten durch offene Fenster oder Thüren hören, und daher leicht geneigt seyn, den tönenden Körper in diejenige Richtung zu setzen, von welcher her die stärksten Schallwellen zum Ohre gelangen. Beweise hierfür mitzutheilen, wäre überflüssig, da einem jeden die Erfahrung gewiſs Fälle genug angiebt, in denen mehrere Personen in dem nämlichen Zimmer einem schallenden Gegenstande durchaus verschiedene Oerter anwiesen.

Ein sehr wirksames Mittel zur Bestimmung des Ortes schallender Körper, wenn der Schall, ohne Unterbrechung durch feste Gegenstände, in gerader Richtung zum Ohre gelangt, liegt im gleichzeitigen Gebrauche beider Ohren. Nach den Versu-

1 Vrgl. *Schall; Fortpflanzung durch d. Luft.*

2 Zeune's Belisar. Berl. 1822. S. 15.

chen Venturi's [1] kann man bei verbundenen Augen und ohne den Kopf zu bewegen mit beiden Ohren nicht unterscheiden, ob der Schall von vorn oder von hinten kommt. Diese Behauptung steht indefs im Widerspruche mit den unzweifelhaft richtigen Beobachtungen Kerner's [2], wonach man dieses allerdings unterscheiden kann, nicht aber, wie dieser zugleich behauptet, wegen einer Fortleitung des Schalles durch die Knochen des Schädels, sondern nach Treviranus [3] wegen des ungleichen Auffangens der Schallwellen durch das äufsere Ohr. Beim Drehen des Kopfes wirkt der Schall auf das eine Ohr stärker als auf das andere, und es läfst sich hiernach seine Richtung bestimmen. Ist das eine Ohr verstopft, so scheint der schallende Gegenstand stets dem offenen Ohre gegenüber zu seyn, so lange der Kopf ruhet; wenn dieser aber bewegt wird, so erscheint der Schall so viel stärker, je mehr die gerade Richtung desselben auf das Ohr normal ist, worauf dann eine Bestimmung seines Ortes gegründet werden kann. Befindet sich der schallende Körper an der rechten Seite eines Menschen, welcher ihn mit beiden Ohren und verbundenen Augen hört, und dieser verstopft allmälig das rechte Ohr, so wandert der Schall in einem Halbkreise um den Hinterkopf, nie um die Stirn, nach der linken Seite [4], welches Treviranus [5] von der Lage der Gehörwerkzeuge mehr nach dem Hinterkopfe als nach der Stirn hin ableitet. Aus allem diesen ist es leicht zu erklären, dafs so manche Ohrentäuschungen, namentlich der *Bauchredner*, der *redenden Köpfe*, der sogenannten *unsichtbaren Frau* (*invisible girl*) u. a. so leicht möglich sind [6].

Aufser den eigentlichen Krankheiten des Ohrs giebt es auch krankhafte Affectionen des Hörens. Dahin kann gerechnet werden nicht sowohl das schon erwähnte Unvermögen, die hohen Töne wahrzunehmen oder die verschiedenen Töne überhaupt zu unterscheiden, welches eigentlicher für eine Schwäche des Gehörvermögens zu halten ist, als vielmehr die vorüberge-

1 Voigt's Mag. II. St. 1. S. 1.

2 Reil's u. Autenrieth's Archiv. IX. 361.

3 Biologie. VI. 337.

4 Kerner a. a. O.

5 Biologie a. a. O.

6 Vrgl. *Schall.*

henden krankhaften Zustände des Ohres, in denen nach Itard's[1] Berichte hohe Töne einen undeutlichen und verworrenen, oder auch einen unerträglich widerlichen Eindruck hervorbringen. Zuweilen leidet nur das eine Ohr an diesem Fehler, und der Patient hört nach Verstopfung desselben wieder richtig. Zwei Beispiele von Doppelthören, welche Sauvage erwähnt, wobei in einem Falle zugleich der Ton selbst und auch dessen Octave gehört wurde, vermehrt Ittard[2] mit einem dritten, wobei jedes Ohr einen verschieden hohen Ton beim Reden hörte. Vom Falschhören giebt es dagegen viele Beispiele, indem bei den verschiedenen Leiden der Gehörwerkzeuge sehr leicht ein Singen oder Summen, ein Pfeifen, Brausen u. s. w. sowohl periodisch, als auch anhaltend wahrgenommen wird, ohne Zweifel in Folge einer krankhaften Affection des Nervenapparats, zur grofsen und höchst unangenehmen, durch längere Dauer wenig oder gar nicht verminderten Beschwerde der Leidenden[3]. Interessanter sind die sehr seltenen Fälle der Gehörphantasieen, wovon Horaz[4] das Beispiel eines Mannes anführt, welcher im leeren Theater die Tragödie zu hören glaubte. Mehrere ähnliche Fälle erwähnt Kortum[5]; aber wenn das Ohrentönen überhaupt nur eine Folge der Phantasie, und nicht durch Krankheiten des Gehörsinnes herbeigeführt ist, so zeigt es in diesen, zum Glück seltenen Fällen allezeit Geisteszerrüttung an[6].

Abgesehen von dem Eindrucke, welchen die Verbindung mehrerer Töne, oder die Harmonie auf die Menschen macht, eine Untersuchung, welche in das Gebiet der Aesthetik gehört, wirken auch einzelne Laute oder Arten von Geräusch unangenehm auf gewisse Individuen, und in Zuständen allgemeiner Nervenaffectionen oder bei sehr reizbaren Personen oft bis zur Erregung krampfhafter Erscheinungen, einzelne Beispiele von

1 a. a. O. S. 200.

2 a. a. O. S. 202.

3 Ittard a. a. O. S. 185.

4 Epist. II. 2. 128.

5 Beiträge zur praktischen Arzneiwissenschaft. Gött. 1796. 8. S. 272.

6 Ittard. S. 189.

Idiosynkrasieen nicht gerechnet, welche in das Gebiet der Medicin gehören, und hier nicht weiter erörtert werden können. *M.*

G e i s t.

Spiritus; esprit; *spirit.* Hierunter verstanden die älteren Chemiker flüchtigere, durch Destilliren gewisser Körper zu erhaltende, meistens tropfbar flüssige Materien, welche theils eine saure Natur haben, wie Vitriolgeist, Salzgeist, Salpetergeist, Essiggeist, Ameisengeist, theils eine alkalische, wie Salmiakgeist, Hirschhorngeist, Harngeist, theils zu den brennbarern organischen Verbindungen gehören, wie Weingeist, versüfster Salzgeist, versüfster Salpetergeist, Terpenthingeist u. a. *G.*

G e o g r a p h i e.

Erdbeschreibung; *Geographia*; Géographie; *Geography.*

Der Name Erdbeschreibung drückt sehr gut aus, was diese Wissenschaft zu leisten bestimmt ist, sie soll uns nämlich über alles, was die Erde, den Planeten welchen wir bewohnen, betrifft, belehren. Die Geographie wird in die *mathematische*, *physische* und *politische* eingetheilt. Die letztere, welche blofs von dem handelt, was durch menschliche Einrichtungen hervorgegangen ist, von den verschiedenen Völkern, von den Grenzen ihrer Wohnplätze, und den Gebieten verschiedener Fürsten, von der Lage der Städte u. s. w., gehört nicht weiter in unsre, blofs die Naturkunde betreffende, Betrachtung.

Die *mathematische* Erdbeschreibung handelt von der Gestalt, Gröfse und Lage der Erde im Weltraume. Sie schliefst sich an die Astronomie an, indem sie zeigt, warum wir die Erde als einen um die Sonne laufenden Planeten anzusehen haben, und wie wir ihre Lage im Sonnensysteme, die Gröfse ihrer Bahn u. s. w. bestimmen. Sie lehrt ferner die Gestalt und Gröfse der Erde kennen, und zeigt uns, dafs die Ausmessungen der Erde, so wie die Bestimmung der in verschiedenen Puncten ihrer Oberfläche wirkende Schwerkraft, die Erde als sphäroidisch kennen gelehrt haben. Die Bestimmung der Lage jedes Ortes auf der

Erde nach geographischer Länge und Breite ist ihr Geschäft; und indem sie die Lage der Erdaxe gegen die Ebene ihrer Bahn bestimmt, setzt sie uns in Stand, die Abwechselung der längern oder kürzern Tage an jedem Orte, die Verschiedenheiten in der Erscheinung des Aufgangs und Untergangs der Gestirne zu bestimmen, und die damit in Verbindung stehende Verschiedenheit der Jahrszeiten zu erklären. Endlich gehört zur mathematischen Geographie auch noch die Theorie der Landcharten oder der Darstellung der Erd-Oberfläche in Zeichnungen. Alle diese Gegenstände sind theils unter besondern Titeln, theils im Art. *Erde* umständlich abgehandelt.

Die *physische* Erdbeschreibung hat den Zweck, uns mit der natürlichen Beschaffenheit der Erde bekannt zu machen, und die Erscheinungen, welche sich uns auf ihren Ländern und Meeren darbieten, zu erklären. Die Frage, wie diejenige Ausbildung der Erd-Oberfläche entstanden sey, die uns jetzt Berge und Thäler, feste Länder und Meere darbietet, gehört in das Gebiet der physischen Erdbeschreibung, und wird auch wohl unter dem eigenen Namen der *Geogenie* oder *Geologie* abgehandelt, indeſs ist dieser Gegenstand so sehr in Dunkel gehüllt, daſs die Hypothesen über die Bildung der Länder, die Zeit und Art, wie die verschiedenen Gebirgs-Arten entstanden sind, wohl immer sehr unsicher bleiben werden, wenn gleich zahlreiche Beweise einer höchst wesentlich von dem jetzigen Zustande abweichenden Beschaffenheit der Erde in früherer Zeit vorhanden sind, und namentlich das Hervorgehen eines groſsen Theils unsrer festen Länder aus dem Meere ganz offenbar ist. Noch weniger Belehrung als über die Ausbildung der jetzigen Erd-Oberfläche dürfen wir wohl über die Natur des Innern der Erde hoffen, indeſs können wir die mittlere Dichtigkeit der Erde bestimmen, und wenigstens über das Innere der Erde einige allgemeine Schlüsse ziehen, und diese Bestimmungen, so weit sie zu erhalten sind, gehören zur physischen Erdbeschreibung. Den Hauptgegenstand derselben aber macht die genaue Beschreibung des jetzigen Zustandes der Oberfläche der Erde aus, und die Erklärung der Phänomene, welche sich uns, als die ganze Erde oder groſse Theile ihrer Oberfläche angehend, zeigen. Die festen Länder und Inseln, das Meer und die Atmosphäre bieten uns zahlreiche Erscheinungen dar, deren Aufklärung wir von der physischen Geographie fordern. Sie muſs uns die Lage der

Länder, die Bergketten, die sich in ihnen finden, die Flüsse und Flufsgebiete beschreiben, die Höhe der Berge, die Höhe und Beschaffenheit der ausgedehnten Ebenen angeben, sie mufs uns die Naturmerkwürdigkeiten der einzelnen Länder, die Gletscher und Lavinen der Schweitz, die Höhlen und die merkwürdigen Felsenbildungen Schottlands, die Wasserfälle, die heifsen Quellen und Springbrunnen z. B. Islands, die Vulcane, die hohen Gebirgsmassen der Andes und des Himlaja, die Sandwüsten Africas, die Steppen Asiens u. s. w. kennen lehren. Aber nicht blofs diese Beschreibung fordern wir von ihr, sondern selbst die innere Bildung der Gebirge, die Lagerung der Gebirgsarten, die Gesetze, nach welchen diese angeordnet sind, soll sie uns angeben. Die Natur-Erscheinungen der feuerspeienden Berge, der Erdbeben, das Entstehen der durch Temperatur oder Bestandtheile ausgezeichneten Quellen soll sie erklären und, wo möglich, von der Ursache jedes einzelnen Phänomens Auskunft geben.

Eben so mannigfaltige Gegenstände bietet das Meer der physischen Erdbeschreibung dar. Die Tiefe desselben und die Ungleichheiten seiner Tiefe, der Salzgehalt und die Temperatur des Meerwassers, die Meeresströme und ihre Entstehung, die Ebbe und Fluth, und die Erklärung der Ungleichheiten, welche diese in verschiedenen Gegenden darbieten, die Entstehung des Eises in den Polargegenden und die merkwürdigen Mannigfaltigkeiten, welche sich dabei zeigen, sind alles hieher gehörige Gegenstände.

Auch die Meteorologie, die nichts anders als eine Belehrung über die Erscheinungen in der Atmosphäre enthält, gehört zur physischen Geographie. Die Bestimmung der mittleren Wärme jeder Gegend, die Frage, wie diese von der geographischen Breite, von der Höhe des Ortes über dem Meere, und von mehrern Umständen abhänge, wie sich darnach die Linie *gleicher Wärme*, (Isothermlinie) bestimmen, wie diese Verschiedenheit des Klimas das Wachsen gewisser Pflanzen begünstige oder hindre, und so durch die Natur selbst eine Grenze des Baumwuchses u. s. w. bestimmt sey; die Frage, in welcher Höhe sich in irgend einer Gegend zu allen Jahrszeiten Schnee findet, *(die Schneelinie)*; die Frage nach der Abnahme der Wärme in der Höhe, nach den Ungleichheiten der Sommerwärme und Winterkälte in verschiedenen Gegenden, gehören hier-

her und machen einen eignen Zweig der physischen Erdbeschreibung, die *Klimatologie* aus. Ebenso sollten aus der Meteorologie besonders die Fragen als hieher gehörig angesehen werden, welche sich an die geographische Lage der Orte anschliefsen: warum die Aenderungen des Barometerstandes in der heifsen Zone geringer sind als in den gemäfsigten und kalten Zonen, warum es gewisse Gegenden giebt, die einen stärkern Wechsel des Luftdruckes zeigen, als andre, die in gleichen Breiten liegen, warum gewisse Meere durch furchtbare Orcane ausgezeichnet sind. Auch die Angabe der Ursache, warum periodische Winde in gewissen Districten herrschen, warum periodische Regen gewissen Gegenden eigen sind, warum einige Gegenden durch häufig wiederkehrende Regen fruchtbar gemacht werden, während andre durch unaufhörliche Dürre fast ganz unbewohnbar sind, warum die Regenzeiten auf eine bestimmte Weise von der Jahrszeit abhängen und die Beantwortung zahlreicher andrer Fragen, gehört hieher.

Ein eben so wichtiger Gegenstand ist die magnetische Beschaffenheit der Erde, die Bestimmung ihrer magnetischen Pole, der Linien gleicher Abweichung, gleicher Neigung, gleicher magnetischer Kraft; die sich daran anschliefsende Untersuchung über die Nordlichter u. s. w.

Die Kenntnifs der Erde hat sich sehr langsam ausgebildet. Was den theoretischen Theil der Geographie betrifft, so konnten Untersuchungen über die Gestalt und Gröfse der Erde nicht eher statt finden, bis Mathematik und Astronomie hinreichend ausgebildet waren, und an die Fortschritte dieser hat sich auch eine Ausbildung der mathematischen Geographie sogleich angeschlossen. Schon Anaximander soll (540 J. vor Chr.) Charten von den bekannten Ländern zu zeichnen versucht haben. Eratosthenes hat (250 J. vor Chr.) die Gröfse der Erde zu bestimmen gesucht, und Aristoteles hatte schon hundert Jahre früher gelehrt, dafs die Erde rund sey. Eine recht gute Kenntnifs der mathematischen Geographie finden wir bei Ptolemaeus. Dieser rühmt besonders Hipparch als denjenigen, der für manche Orte schon regelmäfsige Bestimmungen der Polhöhe angegeben habe, und hatte von Marinus aus Tyrus zahlreiche Ortsbestimmungen vor sich, die er jedoch zum Theil berichtigen zu müssen glaubte. Ptolemaeus (150 nach Chr.) zeigt, dafs er die Bestimmung der Lage der Orte durch astronomische Hülfsmit-

tel kannte, giebt eine brauchbare Anleitung zum Darstellen der Länder in Charten auf eine der Kugelform der Erde angemessene Weise, und weiſs die Klimate richtig anzugeben, nämlich die Gegenden der Erde zu bestimmen, wo die längsten und kürzesten Tage eine bestimmte Länge haben u. s. w. [1].

Die spätere genauere Untersuchung; über die Gestalt und Gröſse übergehe ich hier, da der Art. *Erde* schon alles Wichtige enthält.

Die *physische Erdbeschreibung* zog zwar auch in den ältesten Zeiten die Aufmerksamkeit der Reisenden und der Naturforscher auf sich; aber bei der überhaupt höchst mangelhaften Kenntniſs der Natur konnte man keine groſse Fortschritte in derselben machen, besonders da unvollkommen beobachtete Erscheinungen und das Wiedererzählen von unbegründeten, oft fabelhaften, Nachrichten in vielen Fällen gänzlich irre leiten muſsten. Indeſs haben Aristoteles, Strabo, Seneca und hauptsächlich Plinius doch schon manchen schönen Beitrag zur Kenntniſs der Naturbeschaffenheit der Länder geliefert. Die spätern Reisenden haben nach und nach zwar immer neue Beiträge hinzugefügt, aber oft auch, vielleicht durch Vorliebe für das Wunderbare getrieben, manche fabelhafte oder doch der Wahrheit nicht genau entsprechende Erzählung mitgetheilt, und dadurch zu irrigen Vorstellungen Anlaſs gegeben. Erst in neuern Zeiten hat man angefangen, bei den Reisen in entfernte, nnd selten besuchte Gegenden auf bestimmte physikalische Gegenstände sein Augenmerk zu richten. Die Reisenden, die sich auf diese Weise um die physische Erdbeschreibung verdient gemacht haben, alle zu nennen, würde eine schwierige Aufgabe seyn; aber einige solche Reisen, die neben der Vermehrung der Länderkunde auch diesen Zweck hatten, muſs ich doch erwähnen. Die Reisen des Condamine und Bouguer nach Peru, des Maupertuis nach Lappland haben auſser der Kenntniſs der Gestalt der Erde auch noch manche andere Gegenstände der physischen Erdbeschreibung aufgeklärt. Die frühern Reisen in die nördlichen Gegenden haben zur Kenntniſs des Erdmagnetismus sehr wichtige Beiträge geliefert, und Halley's Reisen waren ausdrücklich diesem Zwecke und ähnlichen Untersuchungen gewidmet. Bei der Reise

1 In seiner Geographie, wo er auch für einzelne Orte diese Bestimmung mittheilt.

Niebuhr's und seiner Begleiter nach Aegypten und Arabien (1770) war die Untersuchung der natürlichen Beschaffenheit dieser Länder ein Hauptzweck. Cook hatte auf seinen Reisen um die Welt ausdrücklich zu diesem Zwecke Naturforscher zu Begleitern, und bei allen spätern gröſsern See-Expeditionen hat man in den Instructionen, die man den Befehlshabern mitgab, auf diesen Zweck gesehen, und Krusenstern, Flinders, Scoresby, Parry, Hall, Freycinet und andre haben sich wesentliche Verdienste in dieser Hinsicht erworben. Von Humboldt's Reise in America war vorzüglich diesem Zwecke gewidmet, und hat bekanntlich unsere Kenntnisse auf eine ausgezeichnete Weise bereichert. Den von den Engländern veranstalteten Untersuchungen verdanken wir die Kenntniſs der höchsten, bis dahin unbekannten, Berge auf der Erde; die Entdekkungsreise der Engländer in Nordamerica, der Russen im nördlichen Asien, die Entdeckungsreisen in das Innere Africa's, haben uns über zahlreiche Gegenstände richtigere Kenntnisse verschafft, und sehr vielen einzelnen Reisenden verdanken wir mannigfaltige Vermehrung unsrer physikalischen Kenntnisse.

Die Länderkunde machte ebenfalls in den frühern Zeiten langsame Fortschritte. Theils waren die Reisen bei einer groſsen Unvollkommenheit der Schifffahrt, und bei den fast unübersteiglichen Hindernissen, welche gänzlich unwegsame Gegenden und wilde, jedem Fremden feindlich gesinnte Menschen den Reisenden entgegengestellten, höchst mühsam und gefährlich, theils konnten, ehe so viele näher liegende Bedürfnisse befriedigt waren, wissenschaftliche Untersuchungen nicht das Ziel der menschlichen Bemühungen werden, theils gingen die wirklich angestellten Untersuchungen einzelner Reisenden aus Mangel an Mittheilung verloren und die Entdeckungen des einen konnten nicht genug mit denen des andern verglichen, durch diese ergänzt und berichtigt werden, theils sind auch die wirklich gemachten und in jener Zeit allgemeiner bekannt gewordenen Entdeckungen nur unvollkommen auf uns gekommen, und manche Entdeckung mag uns ganz unbekannt seyn.

Unter den uns bekannten Völkern haben die *Phönicier* zuerst entferntere Weltgegenden kennen gelernt. Doch scheinen bis zur Erbauung Carthago's (900 vor Chr.) nur das Schwarze Meer, Griechenland und die Küsten des Mittelländischen Meers ihnen bekannt gewesen zu seyn. Die Reise des Himilco (550 vor Chr.) wird

als die erste Entdeckungsreise in die nördlichen Gegenden angegeben [1], und die durch den ägyptischen König Necho (670 vor Chr.) veranstaltete Beschiffung der Küsten Africa's scheint zuerst die Kenntnifs der Erde südwärts erweitert zu haben. Die Kenntnifs der Küsten Africa's wurden (etwa um 500) durch Hanno's Reise [2] vervollständigt. — Ob die Phönicier auch damals schon England kannten, ist nicht ganz gewifs.

Die geographischen Kenntnisse der *Griechen* waren in der frühesten Zeit auf die nächsten Gegenden beschränkt, der Argonautenzug (1300 v. Chr.) machte ihnen einen Theil des Schwarzen Meeres bekannt; indefs fehlen uns aus jener Zeit vollständige Nachrichten, um die Grenzen ihrer Kenntnisse genau zu beurtheilen. Herodot (450) besafs schon viel vollständigere Kenntnisse. Der Feldzug des Darius gegen die Scythen hatte die sehr genaue Kenntnifs der Küsten des Schwarzen Meers und der nördlich daran grenzenden Gegenden zur Folge, die wir bei Herodot finden.

Dieser kannte Persien sehr genau, er kannte Aegypten, woselbst er sich eine Zeitlang aufhielt, und war von manchen Gegenden Indiens und den Bewohnern derselben unterrichtet; eben so war ihm die Nordküste Africa's und ein Theil der westlichen Küste bekannt, aber weniger gut kannte er die Nordseite des Mittelländischen Meeres. Das Zinnland und Bernsteinland war zu seiner Zeit entdeckt, aber Herodot's Kenntnifs davon erscheint als sehr unvollkommen. Scylax (400 vor. Chr.) kennt etwas mehr von den nördlichen Küsten des Mittelländischen Meeres, aber aufserhalb desselben sind auch seine Kenntnisse unbedeutend.

Pytheas Entdeckungsreisen [3] scheinen die damaligen Kenntnisse sehr erweitert zu haben; er besuchte die Nordküsten Galliens, das schon als Zinnland früher unvollkommen bekannte England, und ein sehr nördlichliegendes Thule, wo die Sonne am längsten Tage nicht unterging. Die spätern Schriftsteller führen ihn oft an, und nur durch sie kennen wir seine Entdeckungen [4].

1 Bruchstücke davon sind mitgetheilt von Rufus Festus Avienus ora maritima.

2 Geographiae vet. scriptores minores ed. Hudson. Tom. I

3 Um die Zeit Alexander's des Grofsen

4 Vorzüglich aus Strabo, der sich oft auf ihn bezieht.

Durch Alexander's Siege wurden die geographischen Kenntnisse der Griechen sehr erweitert, indem ein groſser Theil des mittleren Asiens und selbst ein Theil Indiens ihnen bekannt wurde [1]. Diese Kenntnisse wurden durch die spätern Kriege in Bactrien, durch Megasthenes, der von Seleucus Nicator nach Indien gesandt wurde, und durch den unter den Ptolemäern angeknüpften Seehandel mit Indien erweitert, und erstreckten sich bis an den Ganges, auf den Küsten der Halbinsel diesseits des Ganges, und bis Ceylon.

Eratosthenes (250 vor Chr.) sammelte kurz nach dieser Zeit die vorhandenen geographischen Nachrichten, und suchte jedem Volke und jedem bekannten Orte seinen richtigen Platz anzuweisen. Strabo hat aus seinem, jetzt nicht mehr vorhandenen Werke geschöpft. Er hat die östlichen Gegenden Africa's bis zum Ursprunge des Nils gekannt, dagegen aber das Schwarze Meer unrichtig beschrieben, und es weniger gut als Herodot gekannt [2].

Wie die Eroberungen und die Kriege der Römer zur Erweiterung der Länderkunde beitrugen, ist aus der Geschichte dieses Volkes bekannt. Ihre Kriege mit Carthago, (der zweite 210 v. Chr.) (der dritte 145 v. Chr.) die theils in Spanien, theils in Africa geführt wurden, lehrten sie diese Länder kennen; die Kriege in Numidien (120 v. Chr.), Caesar's Besiegung der Gallier und seine Siege in Britannien (50 v. Chr.) und ebenso die in Asien, und andern Gegenden geführten Kriege erweiterten sehr ihre Kenntnisse. Nicht bloſs Spanien, Gallien, Britannien, Italien und die Gegenden an der Donau, welche den Römern unterworfen waren, nicht bloſs das zum Römischen Reiche gehörende Nordafrica und Aegypten, so wie Kleinasien, Syrien, kannte man genau, sondern auch von Deutschland, den Gegenden an der Weichsel, vom Innern Africa's und den entlegeneren asiatischen Ländern war kurz nach dem Anfange unserer Zeitrechnung den Römern manche richtige und genaue Kunde

1 Ἀῤῥιανου ἱστορ. ἀναβάσεως Ἀλεξάνδρου Βιβλ. ζ.
Rennel's memoires of a Mapof Hindostan.

2 Rennel's System der Geographie Herodot's; Gosselin über die Kenntniſs der Alten v. d. Westküste und Ostküste Africa's. Vincent über den Handelsverkehr der Alten mit Indien, mit Anm. v. Bredow.

zugekommen [1]. Strabo [2] (zur Zeit der Geb. Chr.) hat uns ausführlich von den damaligen geographischen Kenntnissen unterrichtet, und Plinius [3] nebst Seneca [4], so wie die Geschichtschreiber geben reiche Beiträge dazu: Ptolemaeus [5] (150 Jahre nach Chr.) hat sich insbesondere durch eine Sammlung aller zu erhaltenden Ortsbestimmungen verdient gemacht, und seine aus Reiseberichten abgeleiteten Längen - und Breiten - Angaben, die freilich in den entfernten Gegenden oft erheblich von der Wahrheit abweichen, zeigen uns doch den Umfang der damaligen Länderkunde. Um nur ungefähr die Grenzen seiner Länderkunde zu bezeichnen, ist es genug anzuführen, daſs selbst aus Irland einzelne Flüsse, Vorgebirge und Orte angegeben und ihrer gegenseitigen Lage nach bestimmt werden, daſs er selbst vom innern und nördlichen Deutschland, von den Gegenden um die Weichsel und noch östlichern Gegenden Nachrichten besaſs, daſs in Africa das innere Libyen und Aethiopien vorkommen, und daſs er zahlreiche Ortsbestimmungen aus Indien diesseits und jenseits des Ganges anführt [6].

Selbst in der Zeit, wo die Wissenschaften sonst wenig ausgebildet wurden, kurz vor und kurz nach dem Untergange des abendländischen Reichs ist die Geographie doch nicht ganz vernachlässigt worden, wie des Jornandes (352 nach Chr) [7] und Guido von Ravenna [8] (im 6. Jahrh.) Schriften zeigen. Auch die *tabula Peutingeriana* scheint unter Theodorich aus einer ältern Charte entworfen zu seyn.

Die späteren Entdeckungen lassen sich nun wohl am besten

1 Vermuthlich groſsentheils durch Kaufleute, die sich sogar in Deutschland wohnhaft niederlieſsen. Tac. Ann. II. 62.

2 Strabonis Geographiae libri XVII. ed. Siebenkees - Tschucke; vergl. Heeren de fontibus geographicorum Strabonis.

3 Plin. historia naturalis. ex recens. Francii.

4 Senecae quaest. natur. ed. Ruhkopf.

5 Ptol. Geographia, beste Ausgabe in dem Theatro Geogr. v. Benius. Ueber die von ihm benutzten Quellen u. s. w. vergl. Kruse Archiv für alte Geogr. II. 79.

6 Mannert's Geographie der Griechen und Römer, 8 Bände. — Uckert Gengraphie d. Griechen und Römer. Kruse's Archiv. für alte Geographie.

7 De rebus Geticis.

8 Anonymi Ravennatis de Geographia libri. V. Paris. 1688.

übersehen, indem wir die einzelnen Gegenden durchgehn, welche sie betreffen. Das den Alten fast gänzlich unbekannte nördlichste Europa ward durch die Seefahrten der Normänner bekannter.

Die Nachrichten davon hat König Alfred (880) [1] gesammelt; durch ihn, durch Warnefried (820) und später durch Adam von Bremen (1070) wissen wir, daſs den Normännern Irland, die Faröer Inseln, die Schottländischen und übrigen Inseln in der Nähe Schottlands, Island und Grönland theils schon im 9. Jahrhundert bekannt waren, theils im 10. bekannt wurden. Die Missionäre, die bis an die Grenzen Ruſslands gelangten, brachten eine vollständigere Kenntniſs der Ufer der Ostsee nach dem südlichen Europa. Auch Landcharten hat man in dieser Zeit gehabt.

Die Kenntniſs der westlichen Gegenden Asiens, besonders Palästina's, wurde durch die Wallfahrten und später durch die Kreuzzüge unterhalten und erweitert. Viel genauer aber waren in dieser Zeit die Araber mit jenen Gegenden, so wie mit Nordafrica bekannt, und ihre Geographen, Massudi (950), Sherif al Edrisi (1150), Ebn al Uardis (1232), besonders Abulfeda (1320) [2] enthalten über die damalige Kunde von diesen Ländern belehrende Nachrichten. Etwas später fingen nun auch europäische Reisende an, den Orient zu besuchen, und Marco Polo der (von 1270 bis 1294) in den asiatischen Ländern Reisen machte, Oderich von Portenau, (1330) Mandeville und Pegoletti brachten wichtige Nachrichten nach Europa. Der erstere besuchte China, Pegu, Bengalen, Borneo, Sumatra und Ceylon, die Küste Coromandel und andere Gegenden Indiens und Persiens, und erzählt auch von andern, nicht von ihm selbst besuchten Ländern. Später (1403) brachte der aus Spanien an Timur abgesandte Clavijo Nachrichten aus Asien mit [3].

Im funfzehnten Jahrhundert zeichneten die Portugiesen sich durch Entdeckungen zur See aus, die besonders durch die Wiſsbegierde Heinrich's des Seefahrers vermehrt wurden. Madera wurde 1420, die Azorischen Inseln 1432 entdeckt; die nach und nach weiter untersuchte westliche Küste Africa's wurde von Diego Cam 1484 bis zur Küste Congo beschifft, und Bartolome Diaz erreichte das Vorgebirge der guten Hoffnung.

1 In seiner Beschreibung des Nordens von Europa.

2 Abulfedae annales moslemici arab. et lat. Hafniae. 1790.

3 Ramusius de navigatione III voll.

Die Hoffnung, hier einen Seeweg nach Indien zu finden, veranlafste 1497 die Aussendung des VASCO DE GAMA, der 1498 an der Malabarischen Küste landete. Sehr bald wurden nun die Küste des östl. Africa, und auch Indien selbst genauer bekannt. Die Portugiesen eroberten 1510 Goa, kamen 1518 nach Bengalen, 1516 nach China, 1542 kam ANTON DE MOTA nach Japan, wohin man kurz nachher Missionäre schickte [1]. Diese vermehrten die Kenntnisse von jenen Gegenden, wurden aber in Japan durch ihre Herrschsucht und Einmischung in die Politik so verhafst, dafs 1616 die Christen ausgerottet und damit die Verbindung mit diesem Lande fast durchaus abgebrochen wurde.

CHRISTOPH COLUMBUS Entdeckung von America, auf dessen Inseln er zuerst am 8. Oct. 1492 landete, gab dem geographischen Entdeckungsgeiste eine ganz neue Richtung. Obgleich man später behauptet hat, dafs schon Nachrichten von Seefahrern, die in America gelandet seyn sollen, in Europa bekannt gewesen wären, ehe COLUMBUS hinkam [2], so ist doch dieses so ungewifs, dafs man keinen Grund hat, irgend jemandem anders als dem COLUMBUS die Ehre der Entdeckung beizulegen [3]. COLUMBUS selbst untersuchte auf mehreren Reisen die Inseln und selbst die Küsten des festen Landes von America (im August 1498). Kurz nach COLUMBUS erster Reise entdeckte CABOT Neufundland und Labrador (1497), VESPUCCI und OJEDO Brasilien (1501 bis 1503), die Spanier PINZON, CORTEZ und andre drangen weiter in das Innere America's ein, und eroberten ganze Länder des neuen Welttheils. MAGELLAN entdeckte (21. Oct. 1520) die südliche Spitze America's und die in den unbekannten Ocean führende *Magellansstrafse;* er durchschiffte diesen grofsen Ocean, den er, weil ihn keine Stürme trafen, den stillen Ocean nannte, und entdeckte die Philippinischen und andere Inseln.

Die weiteren Entdeckungen in America mufs ich hier über-

1 Eine vollständige Darstellung dieser ältern Entdeckungen giebt SPRENGEL's Geschichte der wichtigsten Entdeckungen bis 1542. Halle 1792.

2 Vergl. SPRENGEL a. a. O. S. 210. 228.

3 Nach VON ZACH. Corr. astr. VIII. 105. sind die vollständigsten Nachrichten enthalten in: Codice diplomatico Colombo-Americano, ossia Raccolta di documenti originali inediti spettanti alla Scoperta dell'America. Vergl. auch Robertson's History of America.

gehen. Die Kenntniſs der vielen Inseln des stillen Meeres, verdanken wir meistens den in Art. *Erde* angeführten Umschiffungen der Erde. Verschiedene Theile Neuhollands wurden 1616 von Hartigh, 1642 von Tasmann aufgefunden, aber erst in spätern Zeiten ist dieses groſse feste Land, besonders durch Cook, und einige französische und englische Seefahrer seinem ganzen Umfange nach bekannt geworden; vom Innern kennen wir nur erst einen kleinen Theil in der Nähe der englischen Colonieen. Die Weltumsegelungen Byron's, Wallis's, Cook's, Lapeyrouse's, Baudin's, Krusenstern's, Kotzebue's, Freycinet's und anderer hatten theils ausschlieſslich, theils wenigstens neben andern Zwecken die Bestimmung, uns mit den Ländern und Inseln des stillen Meeres bekannt zu machen und dieser Zweck ist auch in hohem Grade erreicht [1].

Eine andere Reihe wichtiger Entdeckungsreisen verdient hier erwähnt zu werden, nämlich die nach den nördlichen Gegenden der Erde. Ist gleich der Zweck, eine nordwestliche Durchfahrt, nördlich von America, oder eine nordöstliche Durchfahrt, nördlich von Asien zu finden, unerreicht geblieben, so verdanken wir doch diesen Untersuchungen eine sehr erweiterte Kenntniſs jener Gegenden und Küsten. Die Gegenden nördlich von America untersuchten vorzüglich Forbisher (1567 bis 1577), Davis (1585 bis 1587), Hudson (1607—1610), Bylot und Baffin (1615); späterhin gab man die Hoffnung eines glücklichen Erfolges auf, und erst in den neuesten Zeiten haben Ross und Sabine, und vorzüglich Parry in drei verschiedenen Reisen, die Küsten und Meerarme in jenen Gegenden wieder untersucht. Auch die Landreisenden Hearne, Franklin und andre haben uns mit jenen Polargegenden näher bekannt gemacht, und Scoresby die Küsten des seit Jahrhunderten nicht besuchten Theiles von Grönland wieder betreten. Unter denen, welche nördlich von Asien hinzuschiffen suchten, und bis nach Nova Zembla vordrangen, will ich nur Barentz und Ney (1594) nennen. Zwei Jahrhunderte später untersuchten Phipps und Cook ($\frac{1773}{1778}$) die nordöstliche Spitze Asiens und die nordwestliche Küste America's in ähnlicher Absicht genauer, und Russische Reisende haben zu Lande die Nordküste Asiens genauer bestimmt.

1 Burney chronical history of the Discoveries in the southsea. Lond. 1803.

Das innere Africa ist, ungeachtet der Bemühungen von Bruce, Mungo Park, Hornemann u. a., und der mit etwas mehr Erfolg ausgeführten Reisen Klapperton's, doch noch immer ein grofses unbekanntes Land, obgleich unsre Kenntnisse überall, sowohl vom Vorgebirge der guten Hoffnung aus, als von Aegypten her, von Norden her, von Sierra Leona aus, sich nach und nach immer um etwas erweitert haben.

Das südliche Eismeer wurde 1774 von Cook durchschifft, um die etwa dort liegenden Länder zu entdecken; aber er fand nur unbedeutende Inseln, etwas glücklicher ist Weddell [1] gewesen, der in 61° südl. Breite mehrere schon von Smith gesehene Inselgruppen (1823) näher untersuchte und bis zum $74\frac{1}{2}$° der Breite gelangte [2]. *B.*

1 A Voyage towards the South Pole, by James Weddell. London 1825.

2 Unter den Schriftstellern über die Geographie verdienen wohl vorzüglich genannt zu werden: Mallet allgemeine oder mathematische Beschreibung der Erdkugel. Aus dem Schwed. von Röhl. Greifsw. 1774. Lulof's Anleitung zur math. und phys. Kenntnifs der Erdkugel; übers. v. Kästner. Göttingen 1755. Bergmann's physikal. Erdbeschreib. übers. von Röhl. Greifsw. 1791. Otto's Versuch einer physikalischen Erdbeschreibung. Erster Theil. Hydrographie. Berlin 1800. Kant's physische Geographie. 4 Bände Mainz bei Vollmer. — Weniger zu empfehlen ist eine andre Ausgabe von Rink (Königsberg 1802.) Krusenstern's Beiträge zur Hydrographie der grofsen Oceane. Leipzig. 1819. Malte-Brun Abrifs der allgemeinen Geographie, (der erste Theil enthält eine Geschichte der geogr. Entdeckungen.) Leipz. 1812. Ritter's Erdkunde im Verhältnifs zur Natur und zur Geschichte. Berlin. 1818. Kries Lehrbuch der mathemat. Geographie. Leipzig 1827. Büsching's Erdbeschreibung. Gaspari's vollst. Handbuch der neuesten Erdbeschreibung. Weimar. 1797. 1802. Gaspari's Lehrbuch der Erdbeschreibung in 2 Cursen. Weimar 1817. 1818. Auch ist Martinière's Atlas der ganzen Welt. Leipzig 1744 immer noch ein sehr belehrendes Werk.

Die Reisebeschreibungen, so wie die Beschreibungen einzelner Länder in Beziehung auf ihre natürliche Beschaffenheit, sind so zahlreich, dafs es unmöglich ist, auch nur die wichtigsten hier anzuführen. Die vorzüglichsten Sammlungen von Reisen findet man verzeichnet in Ersch's Literatur der Geschichte und ihrer Hülfswissenschaften. S. 152. 154. 994. Zu diesen füge ich noch: General History and Collection of Voyages and Travels, arranged in systematic Order, forming a compleat History of the Origin and Progrefs of the Navigation, Discovery and Commerce by Rob. Kerr. Journal des Voyages, ou Archives géographiques par Veneur et Frievilla.

Geologie.

Theorie der Erde; *Geologia*; Géologie; *Geology*.

Unter Geologie versteht man im weiteren Sinne zuweilen den ganzen Inbegriff dessen, was zur physikalischen Geographie oder Naturgeschichte der Erde gehört, also die Untersuchungen über Ursprung, Veränderungen und physische Beschaffenheit der Erde; oft aber wird blofs die Kenntnifs der Erdkruste und ihrer allmäligen Ausbildung darunter verstanden. Folgt man dagegen dem gangbarsten und mit Recht auf diese Weise zu fixirenden Sprachgebrauche, so gehört zur physischen Geographie blofs die Untersuchung der physischen Beschaffenheit der Erdoberfläche, indem die Kenntnifs der Gröfse und Gestalt der Erde der mathematischen, die statistische Eintheilung der Länder aber der politischen *Geographie* anheimfällt [1]. Die genauere Kenntnifs der ganzen Erde und ihrer Bestandtheile dagegen wird unter zwei wissenschaftlichen Disciplinen begriffen, nämlich der *Geologie* und der *Geognosie*. Dieser lezteren Wissenschaft einen besondern Artikel zu bestimmen scheint mir überflüssig. Sie begreift im engeren Sinne die historische Kenntnifs des Erdkerns und der Erdkruste, wovon ein kurzer Abrifs im Art. *Erde* mitgetheilt ist. Die Geologie dagegen beschäftigt sich mit den Untersuchungen des Ursprunges und der allmäligen Veränderungen unserer Erde, wovon jener Theil auch wohl *Geogonie* oder *Geogenie*, dieser dagegen *Geschichte* der Erde und ihrer Veränderungen genannt wird. Vorzugsweise ist zwar hauptsächlich in den neuesten Zeiten die Geognosie in einem aufserordentlichen Umfange und mit sehr grofsem Fleifse bearbeitet, allein auch die Geologie bildet einen, auf die Geognosie hauptsächlich gestützten, eben so interessanten als ausgebreiteten Zweig der Naturwissenschaft, und kann zwar in seiner ganzen Ausdehnung nicht in das Gebiet der Physik gezogen werden; weil aber die gesammten dahin gehörigen Untersuchungen auf physikalische Gesetze gestützt sind, oder mindestens mit diesen im innigsten Zusammenhange stehen, so scheint es mir nicht überflüssig, wenigstens die Hauptsachen in der Kürze etwas näher zu betrachten.

1 Vergl. Art. *Geographie*.

Die Geologie zerfällt in drei Hauptabtheilungen, und untersucht darin zuerst den Ursprung und die Entstehung der Erde, dann die anfängliche, urweltliche Gestaltung derselben und endlich die vorgeschichtlichen und geschichtlichen Veränderungen ihrer Oberfläche. Bei der anfänglichen Bearbeitung dieser Wissenschaft entstand eine chaotische Verwirrung hauptsächlich dadurch, dafs man alle diese drei Theile vereinigte, und indem die meisten Gelehrten, welche sich damit beschäftigten, bei grofsem Mangel an den hierzu erforderlichen positiven Kenntnissen desto mehr aus ihrer Phantasie supplirten, so kamen statt genügender Aufklärungen fast ausschliefslich nur geologische Romane zum Vorschein, bis man es überdrüssig wurde, diesen noch weiter Zeit und Aufmerksamkeit zu widmen. Man verliefs daher in den neuesten Zeiten jenes dunkle Gebiet der Untersuchungen über den Ursprung und die uranfängliche Ausbildung des Erdballes, und bemühete sich vielmehr, vor allen Dingen vorerst diejenigen Veränderungen der Erdkruste näher zu erforschen, von denen noch jetzt unverkennbare Spuren aufzufinden sind. Insofern aber viele der älteren Meinungen gegenwärtig nur noch einiges geschichtliches Interesse haben, scheint es mir der leichteren Uebersicht wegen am angemessensten, die drei einzelnen Theile zu trennen, und das wesentlichste darunter gehörige kurz zusammenzustellen.

A. Ursprung der Erde.

Die Untersuchungen über den Ursprung der Erde können ihrer Natur nach kaum isolirt seyn, sondern werden meistens mit denen über den Ursprung der ganzen Welt verbunden, und gehören dann zur *Kosmologie*. Diese letztere Wissenschaft ist uralt, eine natürliche Folge des Bestrebens der Menschen, den Anfang aller Dinge, die Schöpfung der Welt, zu der sie gehören und die sie bewundern müssen, zu erkennen; und so erklärt es sich dann leicht, warum bei den ältesten und bei nicht sehr wissenschaftlich gebildeten Völkern kosmologische Systeme gefunden werden. Sie liegen indefs alle aufser dem Gebiete der Physik, wie der Naturforschung überhaupt, und blofs die *Mosaische* verdient wegen ihrer Verbindung mit der höchstwichtigen Lehre vom Monotheismus, an welche selbst und deren Begründung sie innig geknüpft ist, und die sie gleichsam voraussetzt, auch

da nicht übersehen zu werden, wo die Philosophie der Natur sich das Problem über den Ursprung aller Dinge zu betrachten vornimmt [1].

Die mosaische Kosmogonie und Geogenie ist ohne Widerrede die beste unter allen Versuchen dieser Art, und läſst die letzteren insgesammt weit hinter sich zurück. Anstatt daſs andere nach einer schwachen menschlichen Philosophie ein Chaos, eine Urmaterie oder Uratome, annehmen, aus welchen dann die Entstehung der Dinge durch unbekannte Kräfte erfolgt, deren Ursprung aber diesemnach ein neuer Gegenstand der Untersuchung werden müſste, rückt die biblische Urkunde das ganze Problem sogleich aus dem Gebiete der rationalen Forschung in das des religiösen Glaubens, wohin es für den beschränkten menschlichen Verstand ganz eigentlich gehört. Sie sagt: *Gott schuf*, und um hierbei sogleich jeder weiteren Frage zu begegnen, giebt sie zugleich das Wodurch und Woraus dieser göttlichen Schöpfung an, indem es heiſst: *durch sein allmächtiges Wort und aus nichts.* In der geschaffenen Welt wurde auch der Erde ihr Platz angewiesen, ihre Ausbildung erfolgte, gleichfalls durch den allmächtigen Willen des Schöpfers, in Tagen (Zeiträumen, deren Länge unbestimmt bleibt), bis sie zum Wohnplatze solcher Wesen geeignet war, welche sogleich von Anfang an den alleinigen Gott aus seinen Werken erkennen und anbeten sollten. Wie die Welt entstanden sey, sollten sie nicht erforschen wollen, denn ihr Ursprung war früher als der des menschlichen Geschlechtes, und war auſserdem das Werk eines allmächtigen Schöpfers, also für den endlichen Verstand des Menschen unfaſsbar. Die Schöpfung der Welt gehört hiernach also in das Gebiet des Glaubens, sie gehört der Religion an; das Gebiet der Naturforschung beginnt erst später, ist auf die schon vorhandenen Dinge beschränkt, und erstreckt sich nicht weiter, als bis wohin Schlüsse aus Beobachtungen reichen. Ihre Untersuchungen können daher dem Ansehn der biblischen Urkunde keinen Abbruch thun (wie die theologische Facultät von der Hypothese Buffon's, jedoch nur anfangs, glaubte), insofern diese

1 Die ältesten Kosmologieen findet man ausführlich vorgetragen in den gröſseren Werken über die Geschichte der Philosophie. Vrgl. die Urwelt und das Alterthum, erläutert durch die Naturkunde, von H. F. Link. Berl. 1821. 2 Th. 8. I. 268.

gar nicht in ihrem Bereiche liegt, und es war daher ein auffallender Fehler mancher Naturforscher, dafs sie dieselbe mit in ihre kosmologischen und geogenetischen Hypothesen zu verflechten suchten [1].

Es folgt aus diesen Betrachtungen, so wie auch schon daraus, dafs die bisherigen Beobachtungen die Grenze des Weltalls noch keineswegs erreicht haben [2], dafs es für die Naturforschung überall weder eine Kosmogonie noch auch in gewissem Sinne eine Geogenie giebt, sofern sich letztere nämlich auf die uranfängliche Entstehung der Erde bezieht. Die einzige Frage, welche an der äufsersten Grenze des Gebietes der Naturforschung liegend noch als zulässig erscheinen kann, ist die, aus welchen vorhandenen Bestandtheilen blofs unser Planet, die Erde, und auf welche Weise diese anfänglich aus jenen zusammengesetzt, oder wenn man will, entstanden seyn möge; aber auch hierüber giebt es nur einige wenige, einer näheren Betrachtung würdige Hypothesen, und keine Theorie wird sich auch jemals über das blofs Hypothetische zu erheben im Stande seyn. Viele ältere Schriftsteller liefsen indefs auch hierbei ihrer Phantasie ein so freies Spiel, dafs Lichtenberg von ähnlichen Versuchen durch die Geifsel der Satyre abzuschrecken für gut fand. Unter dem Titel: Geologische Phantasieen [3], zählt dieser nicht weniger als funfzig Hypothesen auf, unter denen neun Zehntel wo nicht zur Geschichte der Erde, doch zur Geschichte des menschlichen Geistes gehörten. So wie man auf der Erde Seethiere finde, ohne eine Spur von See, so finde man in diesen Erklärungen Conclusionen ohne Spur von Prämissen, und bei manchen schienen die Gesetze des Denkens eben so aufgehoben zu seyn, wie nach Woodward bei der grofsen Erdrevolution die Gesetze der Schwere und des Zusammenhanges einstweilen suspendirt worden wären. Man wird daher auch hier über diesen Gegenstand weder Vollständigkeit erwarten, welche nur ermüdend seyn könnte, noch eine Widerlegung des blofs Hypothetischen, weil so etwas oft gar nicht widerlegt werden kann.

1 Vergl. J. J. Gabler's neuer Versuch über d. mosaische Schöpfungsgeschichte. Altorf 1795. 8. Moses und David keine Geologen, von J. Pott. Berl. 1799. 8.

2 Vergl. H. W. Brandes Unterhaltungen für Freunde d. Physik und Astronomie. 2. Hft. Leipz. 1826. S. 147.

3 Götting. Taschenb. für 1795. S. 79.

CARTESIUS [1] war nach dem Wiederaufleben der Wissenschaften der erste, welcher über den Ursprung aller Dinge zu philosophiren anfing; indem man seit der Verbreitung des Christenthums sich damit begnügt hatte, die Schöpfung der Welt durch Gott aus dem Nichts ohne Weiteres anzunehmen. Nach ihm existirte eine chaotische harte Urmasse, welche der Schöpfer durch seine Allmacht zerschlug und in Bewegung setzte. Durch das Abreiben der Theile aneinander, als Folge dieser Bewegung entstanden die drei Elemente, aus welchen die einzelnen Theile der Welt gebildet wurden, nämlich eine feine ätherische Materie, kleine kugelförmige Theilchen und gröbere eckige; aus jener ersteren entstanden die Sonne nebst den Fixsternen, die zweiten machten den Aether oder die Materie der Wirbel aus, die dritten endlich gaben den Stoff zu den Planeten und Kometen. Die Erde war anfangs ein Stern mit einem eigenen Wirbel, aber mit vieler grober Materie vermischt, welche endlich eine ganz dunkle Rinde darum bildete, aus welcher, noch jetzt das innere Centralfeuer nur an einigen Stellen hervorbricht. So wurde sie von dem Wirbel der Sonne ergriffen und fortgerissen. Die gröbsten Theile des dritten Elementes stürzten zuerst nieder, und bildeten die Erde nebst dem Wasser. Da aber die feineren Theile des dritten Elementes, welche über dem Wasser lagen, nicht ganz von den gröberen befreiet werden konnten, so wuchs von ihnen über dem Wasser ein Bette zusammen, welches endlich zusammenstürzte, und die trockene Oberfläche der Erde bildete.

Dieser, allerdings seltsamen, der Atomenlehre von LEUCIPP, EPICUR und DEMOCRIT [2] noch nachstehenden, Schöpfungstheorie läſst sich nur noch eine zweite hinzufügen, welche in wenig abgeänderter Gestalt von mehreren Gelehrten vorgetragen ist, und nicht ganz die Willkür der Cartesischen trägt. NEWTON [3] nahm an, es könne eine ätherische Urmasse im Weltraume existirt haben, aus welchen die einzelnen Himmelskörper, aus verschiedenen Bestandtheilen bestehend, niedergeschlagen seyen, so daſs namentlich auch bei der Bildung der Erde die homogenen Bestandtheile zu den verschiedenen Körpern vereinigt wären.

1 Principia Philos. Amst. 1685. 4. Opp. Lib. II.

2 Ihre Systeme werden meistens in der Geschichte der Philosophie abgehandelt. Vergl. auch P. Bayle Dict. Hist. et Crit.

3 BIRCH History of the Royal Soc. III. 280.

Eine solche urweltliche Materie glaubten mehrere, namentlich HALLEY, vorzüglich HERSHEL [1] in den Nebelflecken, insbesondere in dem grofsen schon von HUYGENS im Knie des Orion entdeckten, als noch im Weltraume vorhanden, wiederzufinden, und DE LA METHERIE [2], seit den frühesten Zeiten ein lebhafter Anhänger dieser Meinung, glaubte sogar diese Hypothese bei den Braminen zu finden, deren von STRABO [3] erwähntes *Akasch* nichts anders als jener Aether seyn soll. Weit umfassender, daneben auch in ungleich geregelterer und wissenschaftlicherer Form trug I. KANT [4] diese Hypothese vor, und hierdurch erhielt dieselbe sehr allgemeine Verbreitung, obgleich jener berühmte Philosoph nicht der eigentliche Erfinder derselben ist, indem sich aus dem Vorhergehenden ergiebt, dafs die rohe Idee schon früher existirte. KANT gesteht selbst zu, dafs seine Hypothese mit der Lehre EPICUR's, LUCIPP's, DEMOCRIT's und LUCREZ's von allgemein verbreiteten Uratomen einige Aehnlichkeit habe, und von manchen leicht in das Gebiet der Träumereien verwiesen werden könne; inzwischen lag es ihm vorzüglich daran nachzuweisen, dafs die Erde nicht isolirt und gleichsam durch einen Zufall an ihren Ort geschleudert im Weltraume existire, sondern dafs ein gewisser Zusammenhang des Ursprungs und der Bewegung zwischen den sämmtlichen Himmelskörpern im unermefslichen Weltraume stattfinde. Nach seiner Meinung sollte also die feine ätherische Materie überall im Raume verbreitet gewesen seyn, aus deren einzelnen Massen sich die Sonnensysteme absonderten und, wie nachher HERSCHEL hinzugesetzt hat, noch ferner absondern können [5]. Namentlich also zur Bildung unsers Sonnensystems dachte er sich eine sphäroidische Anhäufung dieser Urmasse, aus welcher sich durch Anziehung der Theilchen zuerst die Sonne bildete, um welche dann die in ihre Axendrehung mit hineingezogene Masse anfangs zerstreut existirte. Allmälig aber wurden hieraus einzelne Ku-

1 Journal de Phys. LXXV. 121.

2 Leçons de Geologie. Par. 1816. III Tom. 8. T. I. S. 1. ff.

3 Geogr. Lib. 15.

4 Allgemeine Naturgeschichte u. Theorie des Himmels u. d. W. Vierte Aufl. 1818. 8. Die erste Aufl. erschien 1755.

5 W. HERSCHEL über den Bau des Himmels. Königsb. 1791. 8. W. HERSCHEL sämmtliche Schriften von J. W. Pfaff. Bd. I. BODE astron. Jahrb. 1788. u. 1794.

gelzonen in ungleichem Abstande vom Mittelpuncte des Centralkörpers durch das bloſse Gesetz der mit Gewiſsheit nachgewiesenen Anziehung abgesondert, welche sich in unbestimmbaren Zeiträumen zu den jetzt bestehenden Planeten nebst ihren Trabanten vereinigten, und diesemnach ihre ursprüngliche Bewegung unter gewissen, aus der Natur der Sache nothwendig folgenden Modificationen beibehielten, indem namentlich die Geschwindigkeit des Umlaufes um den Centralkörper mit der Entfernung nach einem gewissen constanten Gesetze abnehmen muſste.

Es scheint mir überflüssig, noch weiter nachzuweisen, wie Kant sehr sinnreich diese Theorie der bekannten Beschaffenheit unsers Sonnensystem's angepaſst hat, indem dieselbe sich doch nicht über das Gebiet einer wahrscheinlichen Hypothese erhebt, und eben so wenig scheint es mir nöthig, die zahlreichen Anhänger derselben namhaft zu machen, welche ihr hauptsächlich wegen des berühmten Namens ihres vermeintlichen Erfinders beipflichteten, ohne sie jedoch zu erweitern oder durch neue Argumente fester zu begründen. Ohne sie zu kennen, wie mindestens im höchsten Grade wahrscheinlich ist, äuſserte auch Franklin[1] ähnliche Ideen, aber vor allen verdient La Place genannt zu werden, welcher dieselbe aufs Neue in Ansehn gebracht hat. Dieser groſse Geometer wurde hauptsächlich durch die Gleichheit des Umlaufes aller Planeten um ihren Centralkörper, die Sonne, zu der Vermuthung gebracht, daſs diese durch die anfängliche Bewegung der weit sich hinerstreckenden Sonnenatmosphäre herbeigeführt seyn könne, aus welcher sich dann die Planeten mit ihren Trabanten in regelmäſsig wachsenden Abständen gebildet haben möchten [2]. Auch La Grange erklärt sich, jedoch nur im Allgemeinen, für die Möglichkeit einer Entstehung der Planeten aus gasförmigen kometarischen Stoffen [3].

1 Transact. of the Amer. Phil. Soc. at Philad. T. III, N. 1. vom Jahre 1793.

2 Exposition du système du monde. 5me ed. à Par. 1824. II Vol. 8. II. 433.

3 J. de Phys. 1812. Mars.

B. Urbildung der Erde.

Ungleich zahlreicher ist die Reihe derjenigen Schriftsteller, welche ohne Rücksicht auf die Schöpfung der Welt die Entstehung und uranfängliche Gestaltung der Erde zum Gegenstande ihrer Untersuchungen machten, und die Bildungsart derselben mehr oder minder hoch hinauf verfolgten, dabei auch mitunter die kühnsten Hypothesen und gewagtesten Voraussetzungen nicht verschmähten, um ihren Theorien einigen innern Zusammenhang zu verschaffen. Indem ich die wichtigsten derselben kurz mittheile, scheint mir eine Widerlegung und selbst eine nähere Prüfung der meisten ganz unnöthig.

Thomas Burnet [1] bezieht die durch ihn ungebührlich gemodelte Schöpfungsgeschichte der Bibel bloſs auf die Bildung unserer Erde, welche anfangs eine chaotische Masse von allerlei Materien war. Die schwereren Stoffe sanken nieder und bildeten den Kern, um welchen sich das Wasser und darüber die Luft sammelte. Aus letzterer fielen die erdigen und öligen Theile herab, die Luft bekam ihre Durchsichtigkeit wieder (es ward Licht), und es war die alte Erdrinde, ohne Berge und Thäler, der glückliche Aufenthalt der Menschen, vorhanden. Nach 1600 Jahren zerriſs diese Rinde von der Sonne vertrocknet, stürzte in das Wasser und nahm eine Menge Luft mit, wodurch das Meer noch höher gehoben wurde, und alles Lebendige anf der Erde vertilgte (die Sündfluth). Allmälig zog sich das Wasser in unterirdische Räume zurück, verlieſs einen Theil der eingestürzten Rinde, und es erhoben sich Berge und Thäler als neuer Aufenthalt Noah's und der mit ihm geretteten Menschen und Thiere. Die Theorie muſste Beifall finden, weil sie neben der Erklärung einiger geognostischer Erscheinungen sich so enge an die mosaische Urkunde anschloſs, indeſs erhielt sie sehr bald durch Keil [2] eine sehr gründliche Widerlegung.

Mit William Whiston läſst sich eine Hypothese anfangen, welche bis auf die neuesten Zeiten in ihrem wesentlichsten Puncte noch Anhänger findet, und unter allen durch die triftigsten Gründe unterstützt werden kann. Whiston [3] nahm an, die

1 Telluris theoria sacra. cet. Lond. 1816. 4.

2 Examen theoriae telluris a Burneto editae. Oxon. 1698. 8.

3 A new Theory of the earth. Cambridge 1708. 8.

Erde sey anfangs ein Komet gewesen, dessen allmälige Ausbildung in der mosaischen Urkunde in der Art beschrieben werde, daſs die dort genannten Tage vielmehr Jahre von unbestimmter Dauer seyen. Die Bildung der Erdkruste und ihre Umwandlung durch die Sündfluth soll dann fast ganz nach Burnett's Ideen erfolgt seyn, nur mit dem Unterschiede, daſs das ursprüngliche Wasser der Erde aus dem angezogenen Schweife des Kometen niedergeschlagen wurde, und auch später ein genäherter Komet die Gewässer der Sündfluth theils aus seinem Schweife hergegeben, theils aus der geborstenen und zum Theil auch in die Höhe gehobenen Erdkruste angezogen haben sollte, woraus dann die spätere unebene Gestalt der Erdoberfläche erklärlich wurde.

Als ein Anhänger dieser Theorie in ihrer eigentlichen Gestalt möge hier nur Wiedeburg [1] genannt werden, nach dessen Ansicht die Erde erst ein Sonnenfleck, dann ein Komet war, endlich vom Schöpfer in ihre jetzige Bahn gerückt wurde, und nebst dem planetarischen Laufe auch ihre veränderte Gestalt erhielt. Allein es muſs, der groſsen Aehnlichkeit wegen, dieser Hypothese auch die Meinung derjenigen angeschlossen werden, welche die Erde als ein Conglomerat von Meteorsteinmasse ansehen, eine Idee, welche in den neuesten Zeiten durch manche Thatsachen so bedeutende Unterstützung erhalten hat, daſs sie ungleich mehr Beachtung verdient, als ihr anfangs zu Theil wurde. Eigentlich war Chladni um 1792 der erste, welcher nachwies, daſs im Weltraume sich bewegende Körper auf die Erde herabfielen [2], und nachdem diese lange bestrittene Hypothese endlich zur evidenten Gewiſsheit erhoben war, suchten C. W. und E. F. L. Marschall v. Bieberstein [3] wahrscheinlich zu machen, daſs die Planeten und ihre Trabanten wohl als ein Conglomerat solcher im Weltraume schwebender Massen anzusehen seyen, insbesondere aber daſs man viele, namentlich

1 Neue Muthmaſsungen über Sonnenflecken, Kometen und die erste Geschichte der Erde. Gotha 1776. 8.

2 G. XIX. 257. Vergl. *Meteorsteine u. Feuerkugel.*

3 Untersuchung über den Ursprung und die Ausbildung der gegenwärtigen Anordnung des Weltgebäudes. Gieſsen u. Darmst. 1802. 8. M. Cor. XI. 341.

einzelne, Berge auf unserer Erde als von Aufsen auf dieselbe geschleudert zu betrachten habe. Diese zunächst nur aus der Menge einzeln zerstreuter Berge und das zerrissene Ansehen vieler aufgethürmter Felsmassen hergenommene Hypothese wurde theils von den Erfindern derselben, aüſserdem aber hauptsächlich durch v. Zach in mehreren Abhandlungen[1] weiter ausgebildet und mit grofsem Scharfsinne den Beobachtungen auf der Erde und am Himmel, so wie den bekannten physikalischen Gesetzen angepafst. Zugleich aber liegt bei allen diesen Vorstellungen in gewisser Hinsicht das Sytem der Neptunisten zum Grunde, indem selbst oft von den gegenseitigen Anziehungen der wässerigen Theile dieser im Weltraume schwebenden Massen geredet wird, und von dieser Seite dürfte sich die Hypothese nur schwer mit dem gegenwärtig fast allgemein gangbaren Systeme der Vulcanisten vereinigen lassen. Ein ganz anderes Ansehen gewinnt dieselbe dagegen, wenn man sie nach dem letzteren modelt, wodurch sie selbst eine neue Stütze erhält und diesem wiederum zu einer bedeutenden Unterstützung dient. Indem dieses alles aber der neuesten Zeit angehört, so verspare ich es lieber bis späterhin.

Vor allen Dingen aber darf ich nicht unterlassen, der gewichtigen Einwendungen zu gedenken, welche in gewisser Beziehung auch dieser Hypothese entgegengestellt sind. Es ist mir zwar nicht bekannt, dafs irgend jemand die Möglichkeit einer Vereinigung mehrerer Meteorsteinmassen in Zweifel gezogen habe, was denn auch, genau genommen, nicht füglich angeht. Dagegen aber findet nach der Ansicht vieler eine sehr auffallende Aehnlichkeit zwischen den Kometen und vielen Feuerkugeln statt, welche letztere grofse Meteorolithen auf die Erde fallen lassen, insbesondere zwischen solchen, welche in sehr grofser Entfernung von der Erde beobachtet worden sind. Es hat sich aber schon früher Lambert[2] ganz bestimmt gegen die Meinung erklärt, dafs ein Komet jemals in einen Planeten um-

1 Mon. Cor. VIII. 3; 208. X. 221; 411.

2 Cosmologische Briefe über die Einrichtung des Weltbaues. Augsp. S. 1761. 8. Besser mit Weglassung der Briefform u. abgekürzt: Système du Monde, par M. Lambert; publié par M. Merian. Berl. 1784. 8.

gewandelt werden könne [1], und später hat La Place [2] sich in gleichem Sinne hierüber so ernstlich ausgesprochen, daſs bei se gewichtigen Autoritäten niemand leicht wagen wird, einen aul diese Weise gleichsam verpönten Satz weiter auszusprechen. Da es aber einmal unumstöſslich gewiſs ist, daſs keine Autorität ohne vorgebrachte Gründe von Gewicht seyn kann, so bemerke ich hierüber Folgendes. Lambert sowohl als auch La Place nehmen den aufgestellten Satz, daſs aus einem Kometen ein Planet werden solle, in seiner gröſsten Einfachheit, und da bleibt es dann wohl ohne Widerrede gewiſs, daſs eine geregelte und der genauen Berechnung unterliegende kometarische Bahn niemals an und für sich in eine planetarische verwandelt werden könne. Dagegen hat aber der neue sogenannte Enke'sche Komet eine von der planetarischen kaum abweichende Bahn und beweiset somit, daſs zwischen beiden kein absoluter Unterschied statt findet. Auſserdem aber unterliegen die Kometen bedeutenden Störungen, wodurch ihre Bahnen sehr geändert werden, und namentlich haben die Astronomen, worunter La Place [3] selbst ist, bereits anerkannt, daſs der bekannte Komet von 1770, welcher nach Lexel's und anderen Berechnungen eine $5\frac{1}{2}$ jährigs Periode haben müſste, durch die Störungen des Jupiter einen ganz veränderten Lauf angenommen habe. Kann aber ein Komet auf diese Weise durch einen Planeten ganz aus seiner Bahn gerissen werden, so muſs er auch der fortgesetzten Anziehung desselben so weit folgen können, daſs er zuletzt auf ihn stürzt [4]. Was aber durch eine Planetenmasse möglich ist, muſs auch mit Rücksicht auf die ungleichen Kräfte verschiedener

1 Lambert a. a. O. S. 52 sagt: c'est l'absurdité du Sentiment de ceux qui veulent, que les planètes ne soient que des comètes détournées de leur première route, et refroidies.

2 Système du Monde. II. 440.

3 Exposition du Système du Monde 5me ed. Par. 1824. II Vol. 8. II. 61. La Place hält es auch für möglich, daſs die Masse der Kometen sich in den Raum zerstreue; allein kann sie sich nicht eben so gut im Raume wieder vereinigen?. S. ebend. I. 236. II. 405.

4 La Place Syst. du Monde II. 443. giebt zu, daſs Kometen, wenn sie zur Zeit der Bildung der Planeten in den Wirkungskreis der Sonnenatmosphäre kamen, Spiralen beschreiben, und sich auf die Planeten stürzen muſsten, wodurch dann ihre Bahn und Lage ihres Aequators von der Ebene der Sonnenbahn abweichend wurde.

Massen durch andere im Himmelsraume schwebende Körper geschehen können, und so liefse sich also auch nach dieser Argumentation die allmälige Vereinigung kosmischer Massen nicht in das Gebiet der blofsen Hirngespinnste verweisen, wohin es ohnehin schon in Beziehung auf die Vereinigung der Meteorsteine mit der Erde nach unbestreitbaren Erfahrungen nicht gehört.

An diese eben erläuterte Hypothese läfst sich eine andere anknüpfen, welche gleich anfangs hauptsächlich der interessanten Darstellung wegen, viel Aufsehen erregte, und in den neuesten Zeiten wegen ihres nahen Zusammenhanges mit der Theorie der Vulcanisten oft erwähnt wird. Büffon[1] benutzt den Umstand, dafs alle Planeten sich nach der nämlichen Seite um die Sonne und um ihre Axe bewegen, und dafs ihre Bahnen nur kleine Winkel mit einander machen, zu der Vermuthung, dafs eine und dieselbe Ursache anfangs dieses bewirkt habe. Diesemnach soll ein Komet schief gegen die Sonne gefallen seyn und $\frac{1}{650}$stel ihrer Masse abgestofsen haben. Aus den Trümmern dieses Bruchstückes wurden die sämmtlichen Planeten gebildet, erhielten durch den Stofs zugleich die Umdrehung um ihre Axe, fingen vermöge der Gravitation ihre Umläufe um die Centralsonne an, und wurden durch die Axendrehung gerundet und abgeplattet. Insofern Büffon mit Newton die Sonne für eine glühende Masse hielt, mufsten auch die Bruchstücke anfangs im glühenden Zustande seyn, und er berechnete dann aus den bekannten Gesetzen des Erkaltens die den Massen angemessenen Zeiträume, in denen sie die späteren Veränderungen erleiden konnten. Für die Erde bestimmt er 3000 Jahre als Zustand des Glühens, und 34000 Jahre, bis sie so weit erkaltete, dafs sie noch nicht berührt werden konnte. Durch das Erkalten entstanden, wie bei ähnlichen Massen, Löcher, wellenförmige und blasige Erhebungen, die ursprünglichen Höhlen und Bergketten, auch wurden gleich anfangs die Metalle in die Spaltungen sublimirt. Das nachherige Meer war noch ganz in der Atmosphäre vorhanden, weil die Erde noch wenigstens 25000 Jahre so heifs war, dafs sie alles Wasser in Dämpfe verwandelte. Erst nach dieser Zeit fiel das Wasser nach und nach

3 Histoire nat. générale et particulière T. I. Mit beträchtlichen Abänderungen in Supplement T. IX. u. X. Par. 1778. 8.

herab, und bedeckte die Erde bis auf 12000 F. Höhe, so dafs nur die höchsten Bergspitzen hervorragten. In dem noch heifsen Meere wurden Schaalthiere in ungeheurer Menge und von anderer Art, als die jetzt lebenden, gebildet, aus deren Trümmern alle kalkartigen Fossilien und die mit Seeproducten versehenen geschichteten secundären Gebirge entstanden. Das Wasser drang allmälig in die inneren Höhlungen der Erde, mehr Land wurde trocken und erhielt seine ersten Bewohner, welche meistens gröfser und wegen der höheren Temperatur und stärkeren Productionskraft der Erde mitunter wahrhaft kolossal waren. Zuerst erkalteten die Polarländer, woselbst auch die Bevölkerung anfing, bis sich das Wasser auch unter dem Aequator verlief, auf welche Bildungsperiode im Ganzen Büffon 20000 Jahre rechnet. Wegen der höheren Temperatur lebten Elephanten, Wallrosse und ähnliche tropische Thiere damals im hohen Norden, wo man gegenwärtig noch ihre Ueberreste findet. Endlich vollendeten partielle Ueberschwemmungen, langsame Wirkungen des Regens die immerwährende Strömung des Meeres von Osten nach Westen, Vulcane und sonstige Ursachen die Umbildung der Erdoberfläche, und gaben ihr die jetzige Gestalt. Die Erkaltung dauert übrigens stets fort, und so mufs die Erde nach 93000 Jahren unbewohnbar werden.

Büffon's Hypothese hat bei weitem nicht so viele Anhänger gefunden, als man hätte erwarten sollen [1], woran hauptsächlich ihre gänzliche Abweichung von der mosaischen Kosmogonie und die bald folgende weitläuftige Widerlegung derselben durch de Lüc Schuld waren. Indefs soll auch nach Joh. Heinr. Gottlob v. Justi [2] die Erde aus der Sonne entsprungen seyn, und hiernach im Innern ein Centralfeuer gehabt haben, welches nach einer Arbeit von mehr als tausend Jahrhunderten die Urgebirge emporhob. Die kleineren Berge sind nach ihm Folgen von Ueberschwemmungen, auch nimmt er eine Veränderung der Erdaxe an, um die Anwesenheit der fossilen Knochen im hohen Norden zu erklären. J. E. W. Wiedeburg [3]

1 Ihre Unverträglichkeit mit den Bewegungen der Planeten zeigt La Place in Syst. du Monde II. 430.

2 Geschichte des Erdkörpers. Berl. 1771. 8.

3 Anwendung der Natur- und Gröfsenlehre zur Rechtfertigung der heil. Schrift. Nürnb. 1782. 8.

hat sich viele Mühe gegeben, dieses System ausführlich zu widerlegen, hauptsächlich weil es mit der Bibel nicht übereinstimmte.

Auch v. Leibnitz [1] muſs unter die ältesten Vulcanisten gerechnet werden, denn auch nach ihm ist die Erde aus einem geschmolzenen Körper entstanden, dessen Verlöschen die Scheidung des Lichts von der Finsterniſs und die Epoche der Schöpfung beginnt. Die durch Hitze verglasten Schlacken bildeten die Rinde, in welcher Buckeln und Blasen, die jetzigen Berge und Höhlen, entstanden. Beim Erkalten fiel das in Dämpfen vorhandene Wasser aus der Atmosphäre herab, lösete die Salze auf und gab dadurch dem Meere seine Salzigkeit. Leibnitz läſst dann gleichfalls durch weiteres Abkühlen die Erdrinde rissig werden, das Wasser sich durch die Spalten in die inneren Räume zurückziehen, wodurch ein Theil der Oberfläche bewohnbar wurde. Späterhin stürzten aber einige der höchsten Theile wieder ein, trieben das Wasser abermals über die ganze Oberfläche der Erde, bis letzteres sich in andere, tiefere Höhlen zog, und die jetzigen bewohnten Theile trocken zurückließs. Wallerius [2] setzte der Hypothese hauptsächlich das Argument entgegen, daſs sich keineswegs Spuren einer allgemeinen Verglasung der Erdkruste fänden.

Im Allgemeinen kann man sagen, daſs die älteren Theorieen der Erde mehr plutonisch als neptunisch waren. John Ray [3] läſst die Erde aus dem anfänglichen Chaos niedergeschlagen werden und mit Wasser bedeckt seyn. Demnächst entstanden, als weiterer Act der Schöpfung, Erdbeben und vulcanische Ausbrüche, durch welche die Berge gehoben und trocken wurden, das Wasser aber sich in die entstandenen Räume zurückzog. Auch später wirkten Vulcane und unterirdische Feuer zur Veränderung der Erdoberfläche, die Sündfluth aber folgte aus einer Verrückung des Schwerpunctes der Erde, und hinterlieſs die

1 Protogea s. de prima facie telluris et antiquissimae historiae vestigiis in ipsis naturae momentis. Acta Erud. Lips. 1693. Besonders herausgeg. durch Scheid. Gott. 1749. 4.

2 Diss. de tellure olim per ignem non fluida. Ups. 1761. 4.

3 Physico-theological discourses concerning the primitive chaos, the general deluge and the dissolution of the world. Lond. 1692. 8. Ebend. 1713.

Spuren ihrer Wirkung in den vielen zum Theil mit dem Meeresboden zugleich emporgehobenen Petrefacten. Auch Hook[1] nimmt an, dafs die mit zahllosen Seethieren bedeckten Theile des Meergrundes durch vulcanische Kräfte emporgehoben wären, und nach ihrer verschiedenen Höhe die niedrigen und höheren Berge gegeben hätten, während die Ebenen durch das Zurücktreten des Wassers in die entstandenen Höhlungen trocken wurden. Wasserströme, Sturmwinde und Herabstürzungen von Bergmassen vollendeten demnächst die Umbildung der Erdoberfläche, auch glaubte er, wie Ray, an eine allmälige Veränderung des Schwerpunctes der Erde, und der Richtung ihrer Axe. Raspe [2] hat die nämliche Theorie, mit einigen Verbesserungen vorgezogen.

Vorzugsweise wurde die vulcanische Hypothese des Anton Lazaro Moro [3] beachtet, weil sie sehr vollständig vorgetragen war, und in zwar kleinen, aber erwiesenen Thatsachen einen Stützpunct hatte, um nicht durchaus als ein Gebilde der Phantasie zu erscheinen. Moro nimmt von der bekannten Entstehung (eigentlich Umbildung) der Insel Santorin im Jahre 1707, ingleichen des Monte nuovo bei Neapel im Jahre 1538 Gelegenheit zu behaupten, das gesammte Festland sey durch unterirdisches Feuer emporgehoben, und bringt diese allgemeine Idee mit der Schöpfungsgeschichte in Verbindung. Im Erdkerne nämlich befand sich das Centralfeuer, aufserhalb desselben aber eine 175 Toisen hohe Wasserschicht. Am dritten Tage liefs der Schöpfer das Feuer wirken, welches die Rinde hob, und so die ursprünglichen Berge bildete. Das Feuer zerbrach auch die Rinde an einigen Orten, warf vulcanische Massen um sich, woraus Schichten im Meere entstanden, letzteres aber den salzigen Geschmack erhielt und zur Erzeugung von Seethieren geschickt wurde. Die vulcanischen Kräfte haben inzwischen auch den mit geschichteten Lagen der Niederschläge bedeckten Meeresgrund noch vor dem Niederfallen der Seethiere emporgehoben, woraus

1 Posthumous works. Lond. 1705. Fol.

2 Specimen hist. nat. globi terraquei, praecipue de novis e mari natis insulis. Amst. 1763. 8.

3 De' crostacei e degli altri marini corpi, che si trovano su monti; Libri due; in Venezia, 1740. 4. Neue Unters. der Veränderungen des Erdbodens von A. L. Moro, a. d. It. Leipz. 1751. 8.

dann die älteren geschichteten Gebirge entstanden, statt dafs die mit Petrefacten übersäeten und die niedrigern Flächen erst später durch eine gleiche Ursache emporgehoben wurden. Den vulcanischen Producten verdankte ferner die trockene Erdoberfläche ihre Fruchtbarkeit und Kraft zur Erzeugung und Ernährung von Pflanzen und Thieren. Selbst die späteren Veränderungen der Erdkruste, wodurch namentlich Thiere und Pflanzen ihren Ort veränderten und beide aus tropischen Gegenden sich in Ueberresten unter hohen Breiten zeigen, leitet Moro von der fortdauernden Thätigkeit der Vulcane her.

Ganz hiermit übereinstimmend ist die Art, wie nach Kessler v. Sprengseysen[1] die Erdkruste allmälig ausgebildet seyn soll, nur dafs dieser der mosaischen Kosmogonie treuer zu bleiben sucht. Die Entstehung der Erde war daher nach ihm ganz so, wie sie dort erzählt wird, die jetzigen Unebenheiten ihrer Oberfläche aber, namentlich die Berge, sind sämmtlich Wirkungen vulcanischer Kräfte, aus denen er zugleich die gesammten früheren Veränderungen abzuleiten sucht, von denen wir noch gegenwärtig Spuren entdecken, und im Allgemeinen mufs man gestehen, dafs die ganze Theorie mit erwiesenen Thatsachen innigst verflochten ist, so dafs sie weit mehr Beifall gefunden haben würde, als sie wirklich erhielt, wenn die meisten Geologen nicht durch die scheinbare Unmöglichkeit einer zur Hebung solcher ungeheuern Massen erforderlichen Kraft abgeschreckt wären. Auch Whitehurst[2] schliefst sich nach Inhalt und Darstellungsart seiner Hypothese am nächsten den eben mitgetheilten Ansichten an. Nach ihm war die Erde anfangs ein flüssiges Chaos aus Wasser und den fein zertheilten Stoffen aller Körper, woraus Wasser und Luft wegen ihres geringeren Gewichtes zuerst abgeschieden wurden. Die unter dem Wasser befindliche Oberfläche des festen Niederschlages war in Folge der Anziehung des Mondes und der dadurch erzeugten Ebbe und Fluth zwar uneben, allein die Höhe der hierdurch entstandenen Hügel betrug nicht über 50 Fufs. In der Folge entwickelte sich im innern festen Theile der Erde das unterirdische

1 Untersuchungen über die jetzige Oberfläche der Erde, besonders der Gebirge. Leipz. 1787. 8.

2 Inquiry into the original state and form of the earth. Lond. 1778. Second. ed. 1786. 4. Deutsch mit Zus. u. Anm. Leipz. 1788. 8.

Feuer, dehnte die Erdschichten aus, hob den Meeresgrund empor, durchbrach ihn endlich, das Wasser drang in die Spalten und vermehrte die Explosionen, so daſs die emporgehobenen und fortgeschleuderten Massen sich zu den jetzigen Bergen aufthürmten. In die entstandenen Höhlungen dagegen drang ein Theil des Meeres und lieſs seinen Boden mit den darauf niedergefallenen Schichten als trockenes Land zurück. Diese letzte Revolution ist nach Whitehurst die Sündfluth gewesen, welche groſse Veränderungen in der Temperatur hervorbrachte, so daſs sich hieraus der antediluvianische Zustand unserer Erde und die Anwesenheit tropischer Pflanzen- und Thierreste in nördlichen Gegenden erklärt.

Ungleich weniger auf bekannte Thatsachen gestützt ist die Hypothese, welche Pallas [1] aufgestellt hat. Nach ihm machten die hohen Granitberge allezeit Inseln aus, welche aus dem allgemein verbreiteten Meere hervorragten. An diese legten sich Schichten mit Lagern von Schwefelkiesen, woraus die ältesten Vulcane entstanden. Letztere zertrümmerten nach ihrer Entzündung die Schichten, schmolzen und verkalkten ihre Materien, bildeten daraus die ersten Schiefer- und Kalkgebirge, erzeugten Risse und Spalten, welche sie mit Gangmasse und Erzen füllten, und zerstörten die auf dem Meeresgrunde liegenden Conchylien und Muschelbänke, woraus wieder verschiedenartige Niederschläge gebildet wurden. Endlich veranlaſsten vulcanische Ausbrüche im Indischen und stillen Oceane eine groſse Fluth, deren Gewässer von dorther gegen die zusammenhängenden Bergketten von Europa und Asien strömten, die südwärts gelegenen Länder zerstörten, an den niedrigsten Theilen der Bergketten durchdrangen, und die Ueberbleibsel tropischer Thiere und Pflanzen in den nördlichen Gegenden zurücklieſsen, bis das Wasser in die uneröffneten Canäle wieder abfloſs. Hauptsächlich suchte Pallas die Wirkungen einer solchen von Süd und Südwest herkommenden Fluth aus der Abdachung der Bergketten darzuthun, wodurch dieser letztere Theil seiner Hypothese eine bedeutende Unterstützung erhielt.

Zu den minderwichtigen und weniger beachteten vulcani-

1 Observations sur la formation des Montagnes, et les changements arrivés au globe. à St. Petersb. 1777. 4. Uebers. in Leipz. Samml. zur Phys. u. Naturgesch. II.

schen Hypothesen kann auch diejenige gerechnet werden, welche Joh. Gottlob Krüger[1] aufstellte. Hiernach existirten für unsere Erde drei Hauptperioden ihrer Veränderungen. Zuerst war sie vom Wasser bedeckt, in welchem die Schalthiere lebten, und der flüssige Zustand verstattete die Annahme der abgeplatteten Gestalt. Dann brannte sie aus, die Conchylien wurden durch die Einwirkung der Hitze im Schiefer und andern geschmolzenen Massen begraben. Endlich wurde sie durch Erdbeben erschüttert, welche den Bergen, Hügeln und Sandlagen ihre gegenwärtige Gestalt gaben.

Mit grofsem Beifalle wurde von vielen, die sehr ins Einzelne gehende Hypothese des gelehrten Silberschlag aufgenommen, welche übrigens nicht ohne Zwang ganz der mosaischen Kosmogenie angepafst ist[2]. Gott schuf also für jeden Weltkörper das Chaos desselben an der Stelle, welche er nachher im Weltraume einnehmen sollte. Am ersten Tage entzündeten sich die Sonnen und es begannen die Umdrehungen um die Axen. Am zweiten wurde die Absonderung der Luft vollendet, das Wasser blieb auf der Fläche und im Innern erfolgte die Versteinerung der gröberen Masse. Demnächst brach im Innersten eine ungemein elastische Kraft aus, die Wirkung des Centralfeuers. Es entstanden Höhlungen, und die Erde wurde an verschiedenen Stellen zu ungleichen Höhen emporgetrieben, so dafs Berge und Hügel aus dem Wasser hervorragten, und auch ein Theil der jetzigen Ebenen trocken wurde, weil eine grofse Menge Wasser in die inneren Höhlen drang, denen Silberschlag eine grofse Menge, wie Stockwerke über einander liegend und mit einem grofsen Centralgewölbe verbunden, annimmt. Aus diesem Höhlensysteme wird dann sehr künstlich die Möglichkeit der Sündfluth nach der Theorie des Heronsbrunnens erklärt, und aus beiden die allgemeine Verbreitung der Petrefacten abgeleitet. In jenen Höhlen sollen nämlich anfänglich die Conchylien gelebt haben, und durch das hervordringende Wasser fortgeschwemmt seyn, auf welchem die jetzt so

1 Geschichte der Erde in den ältesten Zeiten. Halle 1746. 8.

2 Geogenie, oder Erklärung der mosaischen Erderschaffung nach physikal. u. math. Grundsätzen. Berl. 1780 u. 83. III Th. 4. Geprüft in: Philosophischphysische Fragmente über die Geogenie. 1ste Th. Breslau 1783. 4.

viel höher gelagerten fossilen Ueberreste tropischer Thiere wegen damals beginnender Verwesung als leichtere Körper schwammen, beim Abfliefsen der Gewässer aber im Schlamme begraben wurden.

Wenn gleich nach Silberschlag die meisten Veränderungen der Erdoberfläche als Folge der grofsen Fluth anzusehen sind, so nimmt er doch bei der ursprünglichen Gestaltung der Erde die Wirkungen elastischer Medien und des Centralfeuers zu Hülfe, und seine Theorie läfst sich in dieser Hinsicht den bisher mitgetheilten, im Wesentlichen vulcanischen, Hypothesen anschliefsen. Noch wohl zahlreicher aber, als diese, sind die neptunischen Theorien, wovon gleichfalls eine kurze Uebersicht folgen mag, nachdem zuvor die keiner von beiden Classen zugehörige Idee des berühmten Franklin's erwähnt ist. Nach diesem [1] besteht die Erde inwendig aus einer Flüssigkeit, welche dichter ist, als alle bekannte feste Körper, und auf welcher die Erdrinde blofs schwimmt. Wäre aber die Luft nach dem Mariotte'schen Gesetze im Innern der Erde verdichtet, so würde schon in einer Tiefe von 11 geogr. Meilen das Gold auf ihr schwimmen. War also anfänglich alle Materie wie ein Dunst verbreitet, und fing die Schwere an zu wirken, so mufste eine nach dem Mittelpuncte zu stets dichtere Luftkugel entstehen, in der sich die übrigen Körper, jeder in einer durch das statische Gewicht bestimmten Entfernung vom Mittelpuncte lagerten, und so eine Kruste bildeten. Manche, durch den Fall zu tief hinabgesunken, stiegen wieder in die Höhe, und setzten sich von unten an die Kruste, welche jetzt die Oberfläche der Erde bildet, und die auf ihr ruhende Atmosphäre trägt. Die erste Bewegung konnte einen Wirbel, und dadurch die Axendrehung veranlassen. Wurde aber einmal die Axe verändert, so mufste das Fluidum seine Figur ändern, konnte die äufsere Hülle zerbrechen, und dadurch vielfache Revolutionen bewirken. Starke Explosionen von Dämpfen konnten durch ihren Druck auf das Fluidum unter der Kruste eine Welle verursachen, die auf Tausende von (engl.) Meilen sich erstreckte, und alles Land über ihr erschütterte. Die grofse Menge von Eisen machte die Erde

1 Transact. of the Amer. Phil. Soc. held at Philadelphia. Tom III. 1793. 4. Nr. 1. Auch in European Magaz. Aug. 1793. p. 137. Vergl. Art. *Erde*. Th. III. S. 1071.

magnetisch, allein auch das ganze Universum hat seinen Magnetismus, und vielleicht erhält dieser die Erdaxe stets in ihrer Lage u. s. w. Franklin gesteht selbst, daſs es ihm an Zeit mangele, die Erde zu studiren, und er daher bloſs seiner Phantasie gefolgt sey, indeſs muſs man sich doch wundern, daſs es ihm anscheinend mit dieser Hypothese wirklich Ernst war.

John Woodward [1] ist wohl ohne Zweifel einer der ältesten und eigentlichsten Neptunisten, dessen Theorie aber ihrer Natur nach niemals Beifall erhalten konnte. Nach ihm war die Erde eine Wasserkugel mit fester Rinde. Gott hob einmal die Schwere und die Cohäsion auf, wonach alle Dinge unter einander gemischt wurden, und bloſs die Fibern der Thiere ihren Zusammenhang beibehielten, daher auch der allgemeinen Auflösung nicht unterlagen. Darauf entstand die Schwere wieder, die Stoffe sanken in Schichten nieder, woselbst auch die Reste der Thiere sich lagerten. Auch die neue Rinde zerbrach an einigen Stellen, lieſs das Wasser eindringen, wodurch zugleich die Unebenheiten der Erde entstanden, und das übrige vollendete die durch ein Wunder herbeigeführte Sündfluth.

Johann Scheuchzer [2] nimmt zwar an, daſs die Erde ursprünglich als ein Niederschlag aus dem Wasser gebildet sey, und daſs aus dieser Ursache die Schichtungen erklärt werden könnten. Um aber die hohen Berge hiermit in Uebereinstimmung zu bringen, soll nach einer zweiten Fluth ein Theil der steinigen und festen Erdrinde durch ein Wunder der Allmacht Gottes gehoben seyn, wobei ein Theil des Wassers in die entstandenen Höhlungen drang, und die Ebenen trocken wurden.

Ohne gerade ein Wunder zu Hülfe zu nehmen, erklärten die meisten Geologen nachher die Bildung der Erde auf eine der angegebenen Theorieen sehr ähnliche Weise. Nach Hollmann [3] ist die Erdkruste ein Niederschlag aus dem Wasser, wovon ein Theil einstürzte, ein anderer durch das Eindringen des Wassers in die hierdurch entstandenen Räume trocken wurde. von Gleichen, genannt Russworm [4] nimmt an, die Erde sey an-

1 Historia naturalis telluris. Lond. 1695. 8. An Essay towards the natural history of the Earth. Lond. 1733. 8.

2 Hist. de l'Acad. des Sc. de Paris. 1708.

3 Com. Gott. T. III. vom Jahre 1753.

4 Von Entstehung, Bildung, Umbildung und Bestimmung des Erdkörpers. Nürnb. 1782. 8.

fangs eine blofse Wasserkugel gewesen und habe Fische ernährt, aus deren Verfaulung Erde entstanden sey, welche den festen Körpern zur Bildung diente. Diese Gährung sey mit Hitze verbunden gewesen, durch welche Aufblähungen und Erhebungen herbeigeführt wurden, so dafs ein Theil der Erdkruste aus dem Wasser hervortrat, und dem Sonnenlichte ausgesetzt wurde. Das Wasser nimmt immerfort ab, die Wärme zu, und so wird, ganz im Gegensatze mit Büffon's Theorie, die Erde durch Hitze unbewohnbar werden. Wallerius [1] läfst die Elemente aller Körper im Wasser aufgelöset seyn, woraus die festen Theile durch Niederschlag und Concretionen gebildet wurden. Mit vielem Scharfsinn und reichen mineralogischen und chemischen Kenntnissen bringt er dann diese Theorie mit der Mosaischen Kosmogenie in buchstäbliche Uebereinstimmung. Auch Linné [2] glaubt an ein allmäliges Hervorkommen der Erde durch stete Abnahme des Wassers, eine Idee, welche durch das vermeintliche Sinken des Meeres an den skandinavischen Küsten herbeigeführt wurde. Es schliefst sich hieran endlich die Hypothese Gerhard's [3], wonach ursprünglich blofs Kieselerde, Feuer und Wasser erschaffen wurden, aus denen durch die Bewegung im Chaos Erden, Salze, Schwefel u. s. w. entstanden, die sich in Schichtungen lagerten, von denen einige durch Erhitzung und Ausbrüche fixer Luft gehoben und zertrümmert wurden.

Viele Geologen haben, wie zum Theil schon oben erwähnt ist, eine Veränderung in der Richtung der Erdaxe angenommen, um daraus namentlich das Vorhandenseyn von Ueberresten tropischer Thiere und Pflanzen zu erklären. Keiner hat aber diese Hypothese so weitläuftig und bestimmt durchgeführt, und auf das Einzelne der Thatsachen angewandt, als der Abbé Pluche [4]. Nach ihm fielen bei der Bildung der Erde die Ebenen des Aequators und der Ekliptik zusammen, woraus ein steter Frühling entstand, und daneben lag das Meer grofsentheils in unterirdi-

1 Physischchemische Betrachtungen über den Ursprung der Welt, besonders der Erdwelt u. ihre Veränderungen. A. d. Lat. Erfurt 1782. 8.

2 De telluris habitabilis incremento In Amoen. Acad. Vol. II.

3 Versuch einer Geschichte des Mineralreichs. Berl. 1781. 8.

4 Spectacle de la nature. à la Haye 1738. T. III. P. 2. Schon früher äufserte F. Bernier diese Hypothese. S. Voyages cet. Amst. 1699. II. 326. und Louville in Hist. de l'Acad. 1716. p. 48.

schen Höhlen verborgen. Plötzlich lenkte der Schöpfer die Erdaxe schief nach den nördlichen Gestirnen, die Sonnenhitze fiel auf die eine Halbkugel, es entstanden gewaltsame Ausdehnungen der Luft, Stürme trieben das Wasser aus den unterirdischen Höhlungen, auch stürzte eine Menge aus der Atmosphäre herab, und es entsteht die Sündfluth, wobei Theile der zerbrochenen Erdrinde in die Tiefe herabstürzten. Durch Ausdünstung und Ablaufen des Wassers wird ein Theil der Erdrinde wieder trocken, zeigt aber noch jetzt die Spuren der früheren Verwüstung. Manche Geologen haben späterhin diejenige frühere Richtung der Erdaxe nachzuweisen versucht, aus welcher nach erfolgter Veränderung die Anwesenheit tropischer Thier- und Pflanzenreste in hohen Breiten erklärlich würde; es genügt indefs hiergegen nur im Allgemeinen zu bemerken, dafs die Astronomen, und unter ihnen namentlich La Place [1], eine solche Veränderung der Erdaxe mit den Gravitationsgesetzen ganz unverträglich finden.

Eine eigene, und nicht wenige Anhänger zählende Classe von geologischen Hypothesen machen diejenigen aus, nach welchen die Erdrinde allmälig durch die Wirkungen bekannter Naturkräfte gebildet wurde, von denen die wichtigsten gleichfalls kurz erwähnt werden mögen. Bourguet [2] erklärt die Bildung der Berge aus Strömungen des ehemaligen Meeres, auf dessen Grund schon starke Lagen von Erd- und Seethieren niedergefallen waren. Die Berge sollten hiernach auf gleiche Weise von Thälern durchschnitten seyn, als manche Ufer der Flüsse mit parallelen Seiten fortlaufen, wobei aber Bourguet vergessen zu haben scheint, dafs hiernach eigentlich die Berge schon hätten in der Tiefe des Meeres vorhanden seyn müssen. Aufmerksamer auf diesen Umstand war Le Cat [3]. Nach ihm entstanden die Berge auf dem Grunde des Meeres durch die Anziehung des Mondes und die hierdurch bewirkte Ebbe und Fluth. Indem hierdurch an einigen Stellen bedeutende Anhäufungen und Erhebungen entstanden, zog sich das Meer in die zugleich gebildeten Vertiefungen zurück, und ein Theil der Erdkruste wurde trocken. Da

1 Expos. du Syst. du Monde. II. 138.

2 Lettres philosophiques sur la formation des sels et des cristaux. à Amst. 1729. 12.

3 Magazin Français. 1750 Juillet.

diese Wirkungen noch stets fortdauern, so soll zuletzt das Meer ganz in die ausgehöhlte Erde versinken.

Eine eigene Erwähnung verdient vorzüglich die Theorie, welche durch Maillet[1] nicht bloſs als Hypothese aufgestellt, sondern auch zu bedeutendem Ansehen erhoben wurde, indem er sie mit einer auſserordentlichen Menge von Thatsachen unterstützte, deren er eine groſse Zahl nicht sowohl aus der Wirklichkeit, als vielmehr aus seiner Phantasie hernahm, alle aber, wahre und falsche mit seltener Dreistigkeit als ausgemachte Thatsachen darzustellen wuſste. Nach ihm war die Erde ursprünglich eine ausgebrannte Sonne, welche nach einer seltsamen Voraussetzung ehemals den Platz der jetzigen Sonne eingenommen hatte, dann an ihren gegenwärtigen Ort geschleudert, und mit Wasser von den übrigen Planeten überschwemmt seyn sollte. In diesem Wasser, dessen Boden ursprünglich uneben war, bildeten sich die Lagerungen der Gebirge mit den zahlreichen Ueberresten seiner früheren Bewohner. Das Wasser dunstet stets mehr aus, nimmt dadurch ab, und wird endlich die dem Mittelpuncte der Planeten stets näherrückende Erde als brennende Sonne wieder zurück lassen. Von dem ehemaligen Brande erhielten die Mineralien und namentlich die Metalle ihren Ursprung, die jetzige, noch stets fortdauernde Verdunstung des Meeres aber beträgt drei Fuſs in tausend Jahren. Die Ungleichheiten der Berge und die eingeschnittenen Thäler sind Folgen der Meeresströme. Aus dem Wasser sind alle Pflanzen und Thiere, ja selbst auch die Menschen entstanden, welche anfangs Bewohner des Meeres waren. Sonach sind die biblischen Schöpfungstage lange Perioden, und das Alter des Menschengeschlechts beträgt mindestens eine halbe Million Jahre. Es war indeſs kaum der Mühe werth, daſs de Luc sich bestrebte, diese Theorie ernstlich zu widerlegen, um den Beifall zu mindern, den dieselbe durch eine sehr elegante Darstellung erhalten hatte.

Von ungleich gröſserem Gehalte, auf eine Menge ausgemachte Thatsachen gestützt, und keineswegs mit durchaus fabelhaften Erdichtungen durchwebt, als die eben mitgetheilte

1 Telliamed, ou Entretiens d'un Philosophe Indien avec un Missionaire François sur la diminution de la Mer. Nouv. ed. à la Haye. 1755. T. II. 12.

Hypothese, ist diejenige, wonach Wrede [1] viele Veränderungen der Erdoberfläche und hauptsächlich das Vorkommen tropischer Thiere und Pflanzen in höheren Breiten aus einer früherhin ungleich gröſseren Schiefe der Ekliptik zu erklären sucht. Den wesentlichsten Elementen nach beruhet seine Theorie auf folgenden Grundsätzen. Die ganze nördliche Halbkugel soll ehemals unter Wasser gestanden haben, aus welchem die höchsten Bergspitzen als einzelne Inseln herausragten, und so muſste die Erde nach dem Verlaufen des Wassers die jetzige Gestalt annehmen, mit Rücksicht auf die Veränderungen, welche das Herabschwemmen der oberen Gebirgstheile in die Vertiefungen hervorbringen muſste, und welche nach unleugbaren Thatsachen nicht unbedeutend sind. Insbesondere waren einzelne Theile der Erdoberfläche nicht immer von Meeren so durchschnitten, wie gegenwärtig durch anhaltende Meeresströmungen geschehen ist, z. B. die Meerenge von Gibraltar, der Canal zwischen England und Frankreich, der Sund u. s. w. Auf diese Weise und unter der Voraussetzung einer früheren gröſseren Schiefe der Ekliptik erklärt sich dann leicht, wie tropische Thiere und Pflanzen in so hohe nördliche Gegenden kommen. Wrede bezieht sich nämlich auf Berechnungen von La Grange [2], La Place [3] und vorzüglich Schubert [4], wonach die Schiefe der Ekliptik in einem Zeitraume von 65000 Jahren zwischen 20° 43′ und 27° 45′ variire. Diesemnach soll sie seit 4000 Jahren im Abnehmen seyn, und noch 4900 Jahre im Abnehmen bleiben, worauf sie 22° 53′ seyn würde [5]. Die Abnahme beträgt in 100 Jahren nicht über 50 Sec., und wenn man sie zu 42″,5 annimmt, so fiele das Maximum 36300 Jahre zurück. Betrug ihre Schiefe damals 27° 45′, so war im nördlichen Deutschlande italienisches Klima, woneben noch auſserdem die Hitze durch die lange Dauer der Tage bedeutend gesteigert werden muſste. Es konnten dann wohl die tropischen Thiere über den Hellespont

1 Geologische Resultate aus Beobachtungen über einen Theil der südbaltischen Länder. Halle 1794. 8. Vergl. Mon. Cor. VI. 102.

2 Mém. de l'Acad. de Paris 1774. u. Mém. de Berlin. 1782.

3 Mém. de l'Ac. 1789.

4 a. vers. O. hauptsächlich in der älteren Ausgabe seiner theor. Astronomie.

5 Vergl. Bode in Schriften d. Berl. Ges. Nat. Fr. II. 303.

und Gibraltar bis nach Deutschland und noch höher hinaufkommen, wenn sie der Nahrung nachgingen, und sie fanden bei plötzlich eintretenden kalten Wintern in eben den Höhlen ihren Untergang, worin sie im Sommer angenehme Kühlung genossen hatten. Die gröſsere Wärme erzeugte stärkere Regen und Gewitter, die höhere Kälte des Winters mehr Eis, bei dessen Schmelzen aber stärkere Ueberschwemmungen eintreten muſsten, welche die groſsen Granitblöcke fortschwemmen konnten, und überhaupt auf die Oberfläche der Erde gewaltsamer zerstörend einwirken muſsten. Es ist allerdings einleuchtend, daſs aus der Annahme eines so bedeutenden Unterschiedes der Schiefe der Ekliptik vieles, und namentlich in Beziehung auf die gefundenen Petrefacten, erklärt werden könne, auch setzt Schubert[1] die äuſsersten Grenzen dieser Schiefe sogar zwischen 18° und 29°; allein keineswegs sind alle Astronomen rücksichtlich dieser höchst schwierigen Bestimmung einig, vielmehr setzen de Lambre[2], Piazzi[3] u. a. die Grenze der Veränderung nicht gröſser, als 1° 20′. Auſserdem aber genügt die Hypothese keineswegs, um über die gesammte Umbildung der Erdrinde genügende Auskunft zu geben.

Als eine eigenthümliche Hypothese dieser Classe kann diejenige erwähnt werden, durch welche Lamark[4] insbesondere die allgemeine Verbreitung versteinerter Meeresgeschöpfe zu erklären suchte. In der Hauptsache entsteht nach ihm durch Flutung und Wellenschlag noch fortdauernd, wie früherhin, Land aus dem Meere, und wird an anderen Stellen wieder weggerissen, so daſs also hiernach Festland und Meer, rücksichtlich ihres Ortes auf der Erde einem anhaltenden Wechsel unterworfen sind. Uebergehen wir das Weitere dieser in dem genannten Stücke eigenthümlichen Hypothese, so ist die angenommene Thatsache in sofern allerdings richtig, als an einigen Orten die Meeresküsten wachsen, an andern dagegen abnehmen. Allein zur Erklärung des vorliegenden geologischen Problems ist die Hypothese durchaus unzulässig, weil nach dem Zeugnisse

1 Populäre Astronomie III. 290.

2 Astronomie théor. et prat. III. 195.

3 Astronomie. d. Ueb. S. 174.

4 Hydrogeologie u. s. w. a. d. Franz. mit Anmerk. von Wrede. Berl. 1805.

der erfahrensten Geognosten, namentlich v. Humboldt's, sich in allen solchen, durch das Meer gebildeten Absetzungen nur Bruchstücke und Trümmer von Seethieren finden, keineswegs aber ganze Lager wohlerhaltener und regelmäſsig über einander geschichteter Thiere. Weit mehr den Thatsachen angemessen und überhaupt einer inneren Consequenz keineswegs ermangelnd sind die Hypothesen derjenigen, welche das gegenwärtige Festland für einen Niederschlag aus dem Meere halten, wo dann die zahlreichen Seethiere zugleich mit niederfielen und sich daher jetzt in so ungeheuer ausgedehnten und mächtigen Lagern wiederfinden. Dabei wird zugleich mit vielem Scharfsinn und mit groſser Sachkenntniſs nachgewiesen, wie die rohere Natur anfangs die gröber organisirten Geschöpfe erzeugte, die späteren dagegen eine höhere Bildungsstufe zeigten, bis der Meeresgrund allmälig trocken wurde, und die Reste der früheren Landthiere in den neuesten Gebilden der Erdkruste begraben werden muſsten. Die gröſste Schwierigkeit hierbei bietet die Nachweisung dar, wo das viele, zu einer so hohen Bedeckung der Erde erforderliche Wasser geblieben seyn möge, und man fühlt leicht, daſs die hierfür zu Hülfe genommene Verdunstung des Wassers, seine Aufnahme zur Bildung organischer Körper, als Krystallisationswasser mancher Fassilien u. dergl. nicht genügen, um dieses Problem vollständig zu lösen. Solche allerdings interessante Versuche zur Erklärung der allmäligen Bildung und Umwandlung der Erdkruste haben unter andern Lavoisier [1], Patrin, Poiret, Lacepède und Brogniard geliefert [2].

Lamark hat indeſs seiner Hypothese auch eine andere Ansicht gegeben, indem er die Niederschläge im Meere allmälig entstehen läſst, und dann zugleich annimmt, die Erdaxe habe ihre Richtung nicht plötzlich, sondern in langen Zeiträumen geändert, wodurch die früher äquatorischen Gegenden, welche vom Meere bedeckt waren, trocken werden, und die polarischen dagegen unter eine Lage von Wasser kommen muſsten, deren Höhe nach dem Verhältniſs der beiden Erdaxen nicht weniger als einige Meilen betragen könnte. Es läſst sich nicht in

1 Mém. de l'Acad. 1789. p. 351.

2 J. de Phys. LX. 226 u. 306. LXI. 1. LXII. 80 LXV. 45. u. a. a. O. Vergl. F. S. Voigt Grundzüge einer Naturgeschichte u. s. w. 1817. 8. Daudebard de Ferrüssac bei Gilb. XLV. 413.

Abrede stellen, dafs eine solche Verrückung der Erdaxe, und namentlich eine allmälige, die schwierigsten geologischen Probleme zu lösen im Stande seyn würde, weil hiernach alle Theile der Erde, ohne Aenderung der Form des Erdballs im Allgemeinen unter heifsen und kalten Zonen, trocken und mit tiefen Meeren bedeckt gewesen seyn könnten, auch ist diese Idee nicht neu, vielmehr schon im 15ten Jahrhundert durch Alexander ab Alexandro [1] und später durch viele andere geäufsert. Als eine sinnreiche Hypothese kann es ferner betrachtet werden, wenn Wrede [2] die Frage aufwirft, ob sich eine veränderliche Excentricität des Schwerpunctes unserer Erde annehmen lasse. Wäre dieses, so läfst sich leicht zeigen, dafs dann das Meerwasser an einer Seite der Erde 12000 und viel mehrere Fufs höher stehen mufste, als an andern, um bei einer verhältnifsmäfsig nicht grofsen Excentricität des Schwerpunctes das Gleichgewicht wieder herzustellen. Wollte man aber ferner eine Veränderung dieser Excentricität durch Verrückung des Schwerpunctes von einer Seite nach einer andern und nach der entgegengesetzten annehmen, so liefse sich hieraus leicht erklären, warum in den verschiedensten Theilen der Erde die Petrefacten auf den höchsten Bergen gefunden werden, und die Niederschläge aus dem Meere in manchen Lagerungen der Gebirge kenntlich sind.

Die Theorie, welche J. A. de Lüc sehr umständlich vorgetragen, mit einer Widerlegung früherer Hypothesen begleitet, in verschiedenen Werken wiederholt und gegen die ihm gemachten Einwürfe zu vertheidigen gesucht hat, möge die ohnehin lange geschichtliche Uebersicht der verschiedenen Meinungen über diesen interessanten Gegenstand beschliefsen. Es ist allerdings schwer, eine so ausführliche, in vielen Stücken selbst weitschweifig vorgetragene Hypothese kurz darzustellen, da sie inzwischen in den neuesten Zeiten an Ansehen sehr verloren hat, so möge folgende Uebersicht der Hauptpuncte genügen. De Lüc [3] nimmt mit mehreren Geologen an, dafs die eigentliche

1 Genialium dierum Libri VI. L. V. Cap. 9.

2 N. Schriften d. Ges. Nat. Fr. III. 198.

3 Lettres physiques et morales cet. 1779. V Tom. 8. Physikalische u. moralische Briefe. cet. mit Abkürzungen übers. von J. T. Gehler. Leipz. 1781. II Tom. 8. Lettres sur l'histoire physique de la

Schöpfung sowohl des Weltalls im Allgemeinen, als auch der Erde im Besonderen kein Gegenstand menschlicher Forschung und Erkenntniſs sey, sondern als ein Werk der Allmacht Gottes betrachtet werden müsse. In dieser Beziehung also, und überhaupt zur Erklärung der allmäligen Bildung der Erdoberfläche schlieſst er seine Untersuchungen genau an die mosaische Schöpfungsgeschichte, deren Tage nach ihm gewisse ungleich lange Perioden sind. Anfangs war nämlich die Erde eine chaotische Masse, welche durch das zuerst erschaffene Licht (nicht Beleuchtung von der Sonne) belebt wurde, so daſs Feuer und Wasser sich schieden, und die aus einem trüben Gemenge bestehende Erde Rotation und somit Form erhielt. In der zweiten Periode fielen nach den Gesetzen der Affinitäten eine Menge der festen Theile nieder, und bildeten die Granitrinde der Erde, während die expansibelen Flüssigkeiten sich zur Atmosphäre vereinigten, wobei jedoch unter dem Granit eine Schlammschicht und ein Kern aus staubartigen Theilen zurückblieb. Ueber dem Granit fielen Gneus, Wacke und Thonschiefer aus dem Wasser nieder, welches sich während dem in dieser dritten Periode in den Schlamm und Staub unter dem Granite zurückzog. Durch das Einsinken eines Theiles der festen Masse entstanden Ungleichheiten und Höhlen, deren Decken nachher in einem groſsen Umfange einstürzten, so daſs das Wasser daselbst zusammenfloſs andere Theile aber auf das Trockene kamen, wodurch Land und Meer geschieden wurden, und auf dem ersteren Vegetation eintrat, während auf dem Boden des letzteren aus den Trümmern der umgestürzten Primordialschichten unser jetziges festes Land gebildet ward. In der vierten Periode fing die mit dem Lichte gleichfalls vereinigte Sonnenmasse an sich zu zersetzen und auf die Erde Licht zu senden, wodurch die Wärme auf derselben ungeschwächt erhalten wurde. In die fünfte Periode fällt die Bevölkerung des Meeres und das Absetzen des Kalksteines, worin die ersten Spuren begrabener Seethiere vorkommen. Durch abermalige Einstürzungen erhielten die Lagen eine schiefe Richtung zugleich bildeten sich neue Kalksteinschichten mit einer groſsen

Terre, adressées à M. Blumenbach et renfermant de nouvelles preuves géologiques et historiques de la Mission de Moyse. à Paris. 1779. 8. Geologische Briefe an H. H. Blumenbach. a. d. Fr. in Lichtenb. Mag. VIII. u. ff.

Menge von Versteinerungen, die Steinsalzlager und Sandsteinformationen wurden abgesetzt, auch begannen vulcanische Ausbrüche, und in diese Periode gehört auch vermuthlich die Bildung der Gänge nebst den Erzen. Eine plötzliche Revolution, durch abermalige Einstürzungen veranlafst, brachte den bisherigen Meeresgrund aufs Trockene und begrub das bis dahin trokkene Land unter dem Meere, das Wasser verlief sich allmälig in die unterirdischen Höhlen, das Festland würde bewohnbar und durch den letzten Act der Schöpfung mit lebenden Wesen erfüllt, welches insgesammt zur sechsten Periode gehört. Von da an erlitt die Erde keine grofse Revolution mehr, aufser die Sündfluth, welche auf diejenige Weise durch atmosphärisches und das aus den inneren Höhlen hervordringende Wasser entstand, wie Moses beschreibt, und zugleich die Ueberreste urweltlicher Thiere in solche Gegenden führte, wo sie gegenwärtig nicht mehr leben können. Endlich meint de Lüc, das Alter des jetzigen Festlandes seit der letzten Katastrophe betrage nicht mehr als 4000 Jahre.

Die hier in ihren wesentlichsten Elementen mitgetheilte Hypothese de Lüc's, welche hauptsächlich aus seinem zuletzt genannten Werke entnommen ist, und welche er auch späterhin stets lebhaft vertheidigte, erscheint als streng neptunisch, mehr als die etwas hiervon verschiedene, welche sein erstgenanntes gröfseres Werk enthält, indem danach innere Gährungen und vulcanische Ausbrüche eine Menge Veränderungen hervorgebracht haben sollen. Sie fand vielen Beifall hauptsächlich deswegen, weil sie mit einer aufserordentlichen Menge geognostischer Thatsachen ausgestattet ist, welche der gelehrte Erfinder derselben theils aus andern Werken entlehnt, theils auf vielen Reisen selbst gesammelt hatte. Unter ihren Anhängern mögen indefs nur zwei genannt werden, nämlich A. v. Humboldt und de la Méthérie. Von dem ersten berühmten Gelehrten haben wir indefs nur einige frühere Abhandlungen [1], worin verschiedene jener Ideen gleichfalls aufgenommen sind, von dem letzteren aber mehrere ausführliche Werke [2], welche mit so grofser Weitschweifigkeit

1 J. de Phys. LIII. u. LX.

2 Théorie de la Terre. à Paris 1795. III vol. 8. 2me ed. 1797. V vol. 8. Hauptsächlich Leçons de Géologie, données au collége de France. à Paris 1816. III vol. 8. Aufserdem viele Abhandlungen im

eine ähnliche Theorie, als die von DE LÜC aufgestellte zu vertheidigen suchen, daſs bei den jetzt so sehr vermehrten Thatsachen und so vielfach abgeänderten Ansichten die wenigsten Geognosten es für der Mühe werth erachten, dieses alles zu lesen, und eine Mittheilung des hauptsächlichsten Inhaltes mir hier daher ganz überflüssig scheint. DE LÜC fand indeſs auch mehrere Gegner, wie denn überhaupt schon alle Anhänger der vulcanischen Theorie der seinigen entgegen seyn muſsten. Inzwischen nenne ich hier nur J. H. A. REIMARUS, welcher eine eigene sehr gründliche Kritik seiner Hypothesen geliefert hat [1], deren Mittheilung mir aber gleichfalls überflüssig scheint.

Gegenwärtig kann man annehmen, daſs die Geologen insgesammt zwei Classen bilden, nämlich die der *Neptunisten* und die der *Vulcanisten*, mit einem bedeutenden Uebergewichte der letzteren [2]. Zwar hat dieser Unterschied schon von den frühesten Zeiten des geologischen Studiums an bestanden, jedoch nicht in derjenigen Gestalt, wie gegenwärtig, wo es sich um die Hauptfrage handelt, ob die sogenannten Urgebirge, namentlich die granitischen und die ihnen verwandten, ihre Krystallisation im feurigen oder wässerigen Flusse erhalten haben. Obgleich die Ansichten der verschiedenen Geologen in einzelnen Stücken der Natur der Sache nach verschieden seyn müssen, und alle Einzelnheiten der abweichenden Meinungen hier unmöglich namhaft gemacht werden können, so darf man doch unbedenklich zwei berühmte Gelehrte, nämlich WERNER und HUTTON als die Repräsentanten der beiden, jetzt noch gangbaren Theorieen nennen, welche obendrein sich in ihren Meinungen durchaus entgegenstehen. WERNER, der Begründer der neueren Mineralogie, insofern er in seinen zahlreichen Schülern und durch dieselben einen seltenen Eifer für diese Wissenschaft in allen cultivirten Ländern anzuregen wuſste, stellte nur als Einleitung

Journal de Physique, hauptsächlich discours prémilinaire zu vol. LXXX. Vergl. FORSTER's Nachträge zu de la Metherie in Beobachtungen und Wahrheiten u. s. w. Leipz. 1798. 8.

1 Ueber die Bildung des Erdballs und insbesondere über das Lehrgebäude des H. DE LÜC. Hamb. 1802. 8.

2 In Edinb. Phil. Journ. N. XIV. 376 werden die bedeutendsten Geologen in der Ordnung, wie sie mehr dem Neptunismus oder dem Vulcanismus anhängen, zusammengestellt.

zu seiner Geognosie ein geologisches System auf [1], welches rein und absolut neptunisch die damals bekannten Beobachtungen über die Lagerungsverhältnisse der verschiedenen Gebirgsarten erklären sollte. Nach ihm bestand der Erdball ursprünglich aus einer wässerig flüssigen Masse, aus welcher die verschiedenen Gebirgsarten in einander folgendeu Zeiträumen niederfielen, u. z. in folgender Ordnung: 1. Die Urgebirge, welche aus einer Reihe von Gebirgsarten, nämlich Granit, Gneus, Glimmerschiefer und Thonschiefer bestehen, sind in dieser Ordnung nach einander niedergeschlagen. 2. Dabei nahm die Flüssigkeit an Masse wenigstens um die Hälfte ab. 3. Dann folgte eine Revolution, welche das Wasser wenigstens bis zur halben Höhe der Urgebirge trieb, wodurch sowohl auf dem Wege der Auflösung als auch der Fortschwemmung die Uebergangsgebirge entstanden. 4. Nach dieser Revolution folgte ein Zustand der Ruhe zum Behuf der Vegetation und Animalisation. 5. Darauf wurde durch eine abermalige Revolution in der Flüssigkeit ein Theil der Ur- und Uebergangs-Gebirge zerstört, sammt den organischen Geschöpfen, und aus den Trümmern entstanden die Flötzgebirge. 6. Durch diese zwei Revolutionen wurde aller Sand aus den fortgerollten quarzigen Gebirgstrümmern erzeugt. 7. Seit der Bildung der Flötzgebirge haben nur partielle Revolutionen stattgefunden, hauptsächlich durch Strömungen erzeugt, wobei die angeschwemmten Gebirge abgelagert wurden. 8. Die Krystallisationskraft nahm allmälig ab, die sich bei der Bildung des Granites so hervorstechend gezeigt hatte, woraus das blätterige Gefüge der späteren Formationen erklärlich wird. 9. Der Basalt ist die jüngste Formation und nur durch eine Ueberschwemmung entstanden, welche die früheren, schon gebildeten Gebirgsarten bedeckte.

Bei aller Achtung, welche Werner als der gröfste Mineralog seiner Zeit genofs, konnte sich seine geologische Hypothese doch unmöglich eines ungetheilten Beifalles erfreuen, so gern auch seine zahlreichen Schüler sie vertheidigt hätten, und ihr auch wirklich anhingen, so lange ihre Kenntnifs von der eigentlichen Structur der Erdrinde sich hauptsächlich nur auf dasjenige erstreckte, was sie in der Umgebung ihres verehrten Lehrers, namentlich bei Freyberg im Erzgebirge, gesehen hatten.

1 Kurze Classification und Beschreibung der verschiedenen Gebirgsarten. Dresden 1787. 8. Neue Theorie d. Gänge. Freib. 1791. 8.

Auf die Dauer konnte sich aber das System in seiner ganzen Ausdehnung unmöglich halten, weil es nicht einmal so vollständig und in sich selbst consequent abgerundet war als das von de Luc aufgestellte. Werner postulirt nämlich Revolutionen, ohne die physischen Kräfte, wenn auch nur hypothetisch, nachzuweisen, wodurch dieselben nothwendig herbeigeführt wurden, und läfst daneben die Höhe und Menge des Wassers abnehmen und zunehmen, ohne die Mittel aufzusuchen, welche einen solchen Wechsel möglich machten, anstatt dafs de Luc allen möglichen Scharfsinn aufbietet, um diesem schwächsten Puncte seiner Hypothese irgend eine scheinbare Stütze zu verschaffen. Indefs wurde sein System nicht von dieser Seite, sondern zuerst hinsichtlich der Entstehung des *Basaltes* angegriffen, und obgleich seine Vertheidiger alles mögliche aufboten, um die Entstehung desselben durch Präcipitation aus einer Flüssigkeit zu retten, so wurde doch bald die innige Verwandtschaft desselben mit den Laven und also sein vulcanischer Ursprung bis zu einer solchen unwidersprechlichen Gewifsheit dargethan [1], dafs man es nur aus einer grofsen Vorliebe Werner's für die Einfachheit des von ihm in Anspruch genommenen Mittels zur Bildung der verschiedensten Felsarten erklären kann, wenn ihn nicht die schon früher bekannten Thatsachen zu einer gleichen Ueberzeugung führten. Gegenwärtig läfst man es aber bei diesem Streitpuncte nicht mehr bewenden, sondern die Hauptfrage der Geologen betrifft den neptunischen oder vulcanischen Ursprung der ältesten Gebirgsarten, namentlich des Granites.

Als Repräsentant der Vulcanisten wird mit Recht C. Hutton genannt, welcher schon zur Zeit des sehr allgemein herrschenden Neptunismus die wesentlichsten Veränderungen der Erdkruste vulcanischen Kräften zuschrieb [2]. Hutton hat allerdings mit grofsem Fleifse eine für die damalige Zeit beträchtliche Menge von Thatsachen gesammelt, welche zu der Ueberzeugung führ-

1 Vergl. Art. *Erde.* Th. III. S. 1097.

2 Hutton's Theorie findet sich zuerst in Trans. of the R. Soc. of Edinburg I. 209 vom Jahre 1788 besonders herausgegeben als: Theorie of the Earth. Edinb. 1795. II vol. 8. Illustrations of the Huttonian Theory. etc. by J. Playfair. Edinb. 1802. 8. Explication de Playfair sur la Théorie de la Terre par Hutton, et examen comparatif des systèmes géologiques fondés sur le feu et sur l'eau, par M. Murray. etc. Par. et Londres. 1815. 8.

ten, daſs die Bestandtheile der Erde ursprünglich nicht im Wasser aufgelöset seyn konnten. Einige der wesentlichsten sind folgende: Es giebt Stücke fossilen Holzes, welche nur bis zu einer gewissen Tiefe in Feuerstein verwandelt, übrigens aber unversehrt geblieben sind. Sie können also nicht von einer wässerigen Auflösung der Kieselerde durchdrungen seyn, weil sie sonst ganz davon durchdrungen seyn müſsten, also waren sie von feurig geschmolzenem Kiesel umgeben. (Dieses leicht zu widerlegende Argument ist ungleich weniger gewichtig als die folgenden). Ferner findet sich der Schwefel in ungeheurer Menge mit den Metallen zu Erz verbunden, namentlich mit dem Eisen. Wäre dieses durch eine wässerige Auflösung beider Substanzen geschehen, so hätten schwefelsaure Metallsalze, namentlich statt Schwefelkies Eisenvitriol, entstehen müssen, und es läſst sich daher nur eine Verbindung dieser im geschmolzenen Zustande befindlichen Substanzen denken. Die sich so häufig findenden gediegenen Metalle, der von LAPEYROUSE im regulinischen Zustande in kleinen Körnern gefundene Braunstein, das von DR. BLACK gefundene krystallisirte Natron ohne Krystallisationswasser können nicht wässerig flüssig gewesen seyn, auch das Aufeinandersitzen von Spath, Quarz, Schwefelkies und anderen Mineralien wäre auf diese Weise unerklärlich. Insbesondere aber sind die meisten Erden, namentlich diejenigen, welche den Granit bilden, im Wasser so wenig auflöslich, daſs die zu ihrer Auflösung und nachherigen Krystallisation erforderliche Menge von Wasser ganz undenkbar ist. Dagegen steht der Annahme einer durch Hitze bewirkten Flüssigkeit um so weniger etwas entgegen, als die Versuche von DR. BEDDOES[1] beweisen, daſs es bei einem Gemenge aus Erden und metallischen Stoffen nach ihrer Schmelzung bloſs auf die äuſseren Bedingungen, namentlich die Zeit des Erkaltens, ankommt, ob sie die gleichartige Structur des Basaltes oder die ungleichartige des Granits annehmen, indem selbst das Réaumür'sche Porzellan nur dadurch erhalten wird, daſs man dem geschmolzenen Glase durch langsame Abkühlung ein krystallinisches Gefüge giebt. Endlich beweiset HUTTON mit überwiegenden Gründen, daſs der Basalt nicht anders als auf trockenem Wege flüssig gewesen seyn könne, wie sowohl aus seiner eigenen Beschaffenheit, als auch aus sei-

1 Wird auf Phil. Trans. 1791. p. 56. verwiesen.

nen Umgebungen folge, indem derselbe in jeder Hinsicht sich an die Laven anschliefse. Wenn aber dieses zugestanden ist, so folgt ganz unverkennbar weiter aus der häufigen Verbreitung dieser Felsart, namentlich an den Küsten Grofsbritanniens und auch überall sowohl auf dem Continente als auch auf den zahlreichen Inseln, dafs die ganze Erdoberfläche im Laufe einer unbestimmt langen Zeit durch vulcanische Kräfte eine grofse Menge von Veränderungen erlitten habe, und es lasse sich nicht annehmen, dafs jene Kräfte, welche noch jetzt vielfach so gewaltsame Zerstörungen anrichten, nicht auch früher, und namentlich bei der anfänglichen Ausbildung des Erdballs noch ungleich heftiger gewirkt haben sollten.

Hutton's Theorie, welche hier nur in ihren wesentlichsten Elementen dargestellt ist, wird oft mit der Büffon'schen zusammengestellt, und hat in sofern Aehnlichheit mit derselben, als beide den Erdball anfangs durch Feuer flüssig seyn lassen, allein bei Büffon ist das Ganze mehr ein Product der Phantasie und beschäftigt sich vorzugsweise nur mit dem Ursprunge der Erde, anstatt dafs Hutton letzteren vernachlässigend hauptsächlich die allmälige Ausbildung der Erdkruste zu erklären bemüht ist, und zugleich auf eine Menge unleugbarer, sehr für seine Ansichten sprechender, Thatsachen bauet. Dabei nimmt er allerdings an, dafs verschiedene Felsarten der Erdkruste, so wie wir sie gegenwärtig finden, theils früher theils später im Wasser niedergefallen seyn mögen, auch war nach ihm die ganze Oberfläche der Erde anfangs mit Wasser bedeckt, in welchem die zahllosen Seethiere lebten, deren Ueberreste wir jetzt in so ungeheurer Menge versteinert wiederfinden; und als nachher die unterirdischen vulcanischen Kräfte zu wirken fortfuhren, hoben sie verschiedene Theile der Erdrinde blasenförmig in die Höhe, wodurch die Bergketten über die Oberfläche des Meeres kamen, und noch jetzt die früher in Wasser niedergefallenen Felsarten mit Versteinerungen vermengt sich in beträchtlichen Höhen zeigen. Dafs solche Hebungen wirklich stattfinden, sucht Hutton aus geschichtlich erwiesenen Thatsachen (z. B. das Monte nuovo, des Jorullo u. s. w.) und aus der Form mancher Berge, namentlich der americanischen zu beweisen. Die zahlreichen, mitunter sehr gewichtigen Beweise, worauf Hutton seine Theorie stützt, sind seitdem noch durch viels neue vermehrt worden, welche der gelehrte Playfair in seinen Erläuterungen zu derselben beibringt, so dafs es

ihr an Anhängern nicht fehlen kann. Gleich anfangs wurde dieselbe indeſs lebhaft bestritten durch KIRWAN [1], welcher schon früher als strenger Neptunist aufgetreten war [2], und seinen Widerspruch gegen den Vulcanismus nicht bloſs gegen HUTTON sondern auch gegen PLAYFAIR durchzuführen suchte [3]. Der Streit wurde noch von verschiedenen andern Gelehrten berührt, welche sämmtlich anzuführen kaum der Mühe werth seyn würde, und ich will daher nur noch erwähnen, daſs einige Gelehrte, z. B. HALL [4] auf Veranlassung HUTTON's Versuche anstellten, ob die Urgebirgsarten durch Flüssigmachung auf trocknem Wege zur Krystallisation zu bringen seyen. Im Allgemeinen waren die Resultate solcher Versuche der Theorie HUTTON's keinesweges ungünstig, obgleich die Bedingungen, nämlich solche Fossilien unter einem beträchtlichen Drucke und ohne Zutritt der atmosphärischen Luft in feurigen Fluſs zu bringen und langsam erkalten zu lassen, wie dieses doch bei der Bildung der Erdkruste geschehen seyn sollte, sich nicht wohl erreichen lieſsen. Dennoch aber fand jene Theorie namentlich in Frankreich und Deutschland ungleich weniger Anhänger, als die von DE LÜC, DE LA MÉTHERIE und vorzüglich WERNER aufgestellten, für welche man einmal sehr eingenommen war.

Die Menge der bei jeder geologischen Theorie zu berücksichtigenden Thatsachen war beträchtlich groſs, manche derselben standen mit einander in scheinbarem oder wirklichem Widerspruche, bloſs sinnreiche Hypothesen genügten weder den Erfindern selbst noch auch viel weniger den Lesern, weil die Naturforscher sich im Allgemeinen überzeugt hatten, daſs einzelne sicher begründete Thatsachen einen ungleich gröſsern Werth hätten, als noch so geistreiche Phantasieen, und somit hörte das Bestreben, geologische Systeme zu schaffen, von selbst auf. Indem ich daher alle sonstige mehr oder minder gelungene Versuche dieser Art mit Stillschweigen übergehe, glaube ich nur noch zwei aus der neuesten Zeit als die bedeutendsten namhaft machen

1 Nicholson's Journ. of Nat. Phil. IV. 97. Geological Essay's. Lond. 1799. 8. Am vollständigsten: Anfangsgründe d. Mineralogie von R. KIRWAN Esq. übers. von L. v. CRELL. T. III. Berlin u. Stettin 1799. 8.

2 Trans. of the Irish R. soc. VI. 233.

3 Phil. Mag. XIV. 1.

4 Edinb. Phil. Trans. V. 43. Gilb. VII. 385. Journ. de Phys. LXIII. 73.

zu müssen, nämlich von G. F. Parrot und Scip. Breislak. Beide, die erstere im Wesentlichen mehr neptunisch, die zweite streng vulcanisch, können hier nur in ihren Hauptmomenten angedeutet werden. Parrot[1] setzt voraus, daſs der Erdball selbst, mithin seine Rotation, sein Platz unter den übrigen Planeten und im Sonnensysteme nebst dem wechselseitigen Einflusse dieser Himmelskörper auf einander als schon existirend anzunehmen seyen, weil die Erforschung des Ursprungs der Welt überhaupt und der Erde im Besondern auſser den Grenzen menschlicher Forschung liege. Aus bekannten physikalischen Thatsachen folgt aber, daſs die Erde ursprünglich aus einem festen Kerne mit einer umgebenden Wasserfülle bestand, in welcher die Elemente ihrer jetzigen Rinde aufgelöset waren, u. z. die prädominirende Kieselerde im Wasser, alle übrige Substanzen in Salzsäure. Die erforderlichen Fällungsmittel waren Fluſssäure, Kohlensäure und Alkalien, wovon die letzteren aus dem Stickstoffe der Atmosphäre erst gebildet wurden. Aus der Dicke der durch Fällung entstandenen Rinde, welche zu 27000 F. Dicke angenommen wird, folgt eine Atmosphäre, deren Druck den der jetzigen Atmosphäre 876 mal übertraf, wodurch zugleich die Absorption der enthaltenen Stoffe befördert und die Präcipitation beschleunigt wurde. Dieser Proceſs erhöhete zugleich die Temperatur, und obgleich anfangs bloſs Kiesel-Krystalle hätten niederfallen sollen, so erklärt es sich doch leicht, daſs diese mit andern, gleichzeitig gebildeten, Präcipitaten vermengt niederfielen. Indem nämlich sowohl Kali als auch Natron aus dem Stickstoff der Atmosphäre gebildet wurden, so drang auch die etwa 0,1 derselben betragende Kohlensäure in die flüssige Masse ein, und hieraus folgte eine beträchtliche Verminderung des die Erde umgebenden Dunstkreises. Aus einer solchen Präcipitation konnte nichts anders als eine regelmäſsige Lagerung der verschiedenen Felsarten folgen, womit die vielen Erhabenheiten und Vertiefungen der Erdrinde im Widerspruche stehen. Um die letzteren zu erklären nimmt Parrot an, die Erde sey gleich anfangs von einer unbestimmbar dicken Schwe-

1 Grundriſs der theor. Physik. 1815. 8. T. III. S. 531. ff. Ausführlicher in Entretiens sur la Physique. Dorpat 1824. 8. T. VI. S. 611. ff. An beiden Orten geht eine kritische Uebersicht der älteren geologischen Hypothesen voraus.

felkieslage umgeben gewesen, welche in Folge der durch die Fällung der verschiedenen Stoffe entstandenen Hitze und des gleichzeitig verminderten atmosphärischen Druckes sich entzündete und Vulcane bildete. Diese hoben die Erdkruste an verschiedenen Stellen und thürmten sie zu Bergen auf, in die hierdurch entstandenen Höhlen zog sich ein Theil des Wassers, so daſs viele flache Stellen des ehemaligen Meeresgrundes trocken wurden; die bei dieser Gelegenheit eintretenden Strömungen veranlaſsten die Bildung der unregelmäſsig gelagerten Bergschichten und der aufgeschwemmten Gebirge, Steinkohlen entstanden aus zersetzten Meerpflanzen und wurden nebst den lebenden Bewohnern des Meeres durch vulcanische Ausbrüche begraben. Die Gänge endlich sind Spalten, welche durch vulcanische Erschütterungen entstanden, und durch den Druck der Dämpfe mit den geschmolzenen Substanzen erfüllt wurden; der Basalt aber ist ein vulcanisches Product, dessen Spaltungen evident beweisen, daſs er nach groſser Hitze langsam erkaltete.

Es läſst sich diesem mit unverkennbarem Scharfsinnn ausgedachten Systeme eine innere Consequenz und Berücksichtigung anerkannter Naturgesetze nicht absprechen, auch gereicht es ihm zum Vortheile, daſs es zwischen den streng vulcanischen und den eben so streng neptunischen die Mitte hält, und es kann daher zu seiner Empfehlung dienen, daſs die Wahrheit meistens zwischen zwei Extremen diesen Platz einnimmt. Inzwischen werden die Geologen nach dem jetzigen Standpuncte der Wissenschaft immerhin dagegen einwenden, daſs es zu viel Hypothetisches enthalte, und hierauf eben seine innere Consequenz und Unwiderleglichkeit beruhe [1], wogegen sie vielmehr verlangen, daſs man vorerst in seinen Schluſsfolgerungen nicht weiter gehen dürfe, als wie weit sie durch unwiderlegliche Thatsachen fest begründet sind.

S. Breislak hat in einem weitläuftigen Werke theils Kritiken älterer geologischer Hypothesen, theils und hauptsächlich eine neue aufgestellt, welche zugleich durch eine Menge beigebrachter geognostischer Thatsachen unterstützt und gegen manche

1 Sehr hypothetisch z. B. ist die Annahme einer Schicht von Schwefelkiesen, und für den verlangten Zweck dennoch ungenügend, da Schwefelkiese sich ohne Zutritt der atmosphärischen Luft und hierdurch bedingte Zersetzung nicht von selbst erhitzen. Vergl. *Vulcane.*

ihm namentlich durch Pino gemachte Einwürfe vertheidigt ist [1]. Es würde sehr schwierig, und hier nicht am geeigneten Orte seyn, im Einzelnen zu zeigen, auf welche allerdings sinnreiche Weise Breislak seine im Ganzen vulcanische Theorie mit der jetzigen Beschaffenheit der Erdoberfläche in Einklang zu bringen sucht, und es mag daher nur Folgendes genügen. Der Erdball war ursprünglich durch Hitze flüssig, also seine Bestandtheile waren geschmolzen, und so mufste er von selbst seine sphäroidische Gestalt annehmen. Eine Auflösung der Fossilien im Wasser ist dagegen undenkbar, weil die hierzu erforderliche Menge von Wasser gar nicht vorhanden seyn konnte. Dagegen enthalten durch Hitze flüssige Körper alle Bedingungen der Krystallisation, und die Urgebirge konnten daher allerdings in derjenigen krystallinischen Form gebildet werden, welche wir jetzt an ihnen wahrnehmen, worauf dann der bis dahin thätige Wärmestoff latent wurde. Diese letztere Idee ist eine Eigenthümlichkeit der Theorie Breislak's, dafs die bedeutende Wärme, welche zum Schmelzen der Erdkruste, und eigentlich des ganzen Erdballs erforderlich war, nach ihr latent wurde, indem die Gasarten und Dämpfe der jetzigen Atmosphäre ihren Ursprung erhielten [2]. Das Wasser erzeugte sich aus den beiden, dasselbe constituirenden Gasarten durch Hülfe der Elektricität, oder zugleich auch aus seinen beiden Grundlagen im Innern der noch glühenden Masse, und auf diese Weise blieben Theile desselben in manchen Fossilien eingeschlossen, wo wir es noch jetzt wiederfinden. Eben so existirten auch die Grundlagen der Säuren anfangs in gasförmigem Zustande, diese verbanden sich mit dem zu ihrer Bildung erforderlichen Bestandtheile des Wassers, nachher mit den Basen zu Salzen, welche theils in der Erde theils im Meere wiedergefunden werden. Breislak verwirft übrigens die Idee, dafs die Berge von Innen herauf durch vulcanische Kräfte gehoben seyn sollen, denn obgleich einzelne kleinere Hügel auf diese Weise über die ebene Oberfläche der Länder ehemals emporgetrieben seyn mögen und noch selbst in der

1 Institutions géologiques par Scipion Breislak cet. traduites du manuscrit italien en français par P. J. L. Campmas. III Vol. avec un atlas de 56 planches. Milan 1818. 8. Deutsche Uebers. mit schätzbaren Anm. und einem kleineren Atlas durch v. Strombeck.

2 S. a. a. O. I. 161.

geschichtlichen Zeit auf diese Art entstanden sind, so könne man doch unmöglich den ungeheuern Bergketten sowohl der alten als auch der neuen Welt einen solchen Ursprung beimessen. Dagegen folgt aus der Natur der Sache, daſs die Abkühlung der Erdkruste nicht überall weder gleichmäſsig erfolgte; die zuerst erstarrten Theile muſsten daher wegen der nothwendigen Zusammenziehung beim Erkalten schon an sich höher bleiben, ausserdem entstanden Spalten und Risse von der gröſsten Ausdehnung, wodurch gleichfalls beträchtliche Massen gehoben und selbst über einander gestürzt wurden; die Gewalt der Dämpfe, welche aus dem Wasser durch die Hitze der glühenden Masse gebildet wurden, beförderte nicht bloſs solche Katastrophen, sondern hob auch die leichteren Theile mit Unterstützung durch die Schwungkraft der rotirenden Erde in die Höhe, während die schwereren sich gegen das Centrum senkten; endlich aber sank später in Folge des allgemeinen Erkaltens der Erde der jetzige Meeresboden tiefer ein; und nicht bloſs hierdurch sondern auch durch das Zurückziehen des Meeres in unterirdische Blasenräume muſste die Fläche desselben beträchtlich tiefer, das feste Land aber ebendaher bedeutend höher werden. Der Ursprung der Hauptthäler ist dann auf gleiche Weise ein primitiver, als der der Berge.

In Gemäſsheit dieser Theorie können sich in den Urgebirgsarten unmöglich Ueberreste organischer Wesen finden, deren Keime sich erst später nach einer beträchtlichen Abkühlung entwickelten, und deren Zahl, hauptsächlich in Rücksicht auf Seethiere ungemein zunahm, als das Wasser des Meeres von seiner Hitze bedeutend verloren hatte. Aus dieser allmäligen Abnahme der Temperatur des Erdballs, welche sich selbst noch bis in die historische Zeit erstreckt, wird es dann erklärlich, daſs sich die Arten der Thiere und Pflanzen gegenwärtig an denjenigen Orten nicht mehr finden, wo ihre vorweltlichen Reste jetzt in groſser Menge ausgegraben werden, ohne daſs es deswegen nöthig ist eine vorübergehende Ueberschwemmung anzunehmen. Ueberhaupt erklärt sich Breislak ganz entschieden und aus den triftigsten Gründen gegen eine solche allgemeine Fluth und eine solche Wirkung derselben, vermöge welcher die Ueberbleibsel einer früheren Schöpfung auf die höchsten Berge geschwemmt wären, und beweiset dagegen, daſs mindestens eine groſse Menge versteinerter Seethire an denjenigen Orten, wo wir sie

jetzt versteinert finden, ruhig gelebt haben und gestorben seyn müssen. Partielle Fluthen existirten allerdings, auch mögen einige derselben so bedeutend gewesen seyn, dafs sie merkliche Veränderungen anrichteten, eine allgemeine aber, und von so bedeutenden Wirkungen, als manche Geologen ihr beimesseu, ist durch keine erwiesene Thatsache begründet und mit vielen derselben unvereinbar. Uebrigens ist Breislak rücksichtlich des Geschichtlichen der Petrefactenkunde zwar sehr reich an interessanten Thatsachen, allein seine Theorie ist hierüber etwas mangelhaft, insofern er namentlich nicht bestimmt nachweiset, auf welche Art die verschiedenen wechselnden Erdlagen bei Paris entstanden, und die wohlerhaltenen Reste vom Mammuth nach Sibirien gekommen seyn mögen. In dieser Beziehung sucht er nämlich nur aus vielen Gründen nachzuweisen, dafs eine allmälige Abnahme der Temperatur unserer Erde und zuweilen auch plötzliche Veränderungen derselben sehr wahrscheinlich seyen. Die Mammuths lebten früher wild in grofser Anzahl in Sibirien, wurden durch einen kalten Winter plötzlich überrascht, im Eise begraben, und mit diesem durch grofse Fluthen weiter nach Norden geschwemmt. Manche Erscheinungen lassen sich nach Breislak auch daraus erklären wenn man annimmt, dafs früher auf hohen Theilen der Erde grofse Binnenmeere, wie z. B. noch jetzt der Ural, vorhanden waren, welche nach entstandenen Durchbrüchen abflossen. Aufserdem mufsten in Gemäfsheit der vulcanischen Bildung der Erdrinde grofse Höhlungen im Innern vorhanden seyn, und es läfst sich denken, dafs die Wölbungen derselben durch heftige Erdbeben zu wiederholtenmalen einsanken, so dafs das Meer sich wieder über sie verbreitete, wonach abwechselnd Schichtungen von Ueberbleibseln des salzigen und des süfsen Wassers, wie bei Paris, entstehen konnten.

Die hier mitgetheilte Uebersicht der zahlreich aufgestellten geologischen Hypothesen[1] soll auf Vollständigkeit keine Ansprü-

1 Zur Literatur über dieselben dienen noch Sullivan Uebersicht der Natur etc. a. d. Engl. Leipz. 1795. T. I. De la Métherie Theorie d. Erde. Th. III. von Forster. Dessen Leçon de Géologie. T. III. p. 120. ff. und viele andere. Aus Furcht zu grofser Ausführlichkeit habe ich viele geologische Systeme gar nicht genannt, z. B. die älteren orientalischen, der griechischen Philosophen, unter den neueren des Kircher, des van Mons, Fleuriau de Bellevue, Dolomieu, Mit-

che machen, noch weniger aber würde es hier am rechten Orte seyn, dieselben kritisch zu prüfen oder ihre Anzahl um eine neue zu vermehren. Dagegen ist es der Sache angemessen einige allgemeine physikalische Grundsätze aufzustellen, welche bei jeder möglichen Theorie zu beachten sind.

1. Es ist schon bemerkt, daſs der Ursprung des Welltalls überhaupt und somit auch desjenigen Theils desselben, welchen unsere Erde ausmacht, ganz auſserhalb des Gebietes menschlicher Kenntniſs liegt. Die bis jetzt in Anwendung gebrachten Mittel unserer Forschung reichen noch keineswegs hin, alle Theile des Weltalls zu kennen, und wenn gleich das menschliche Auge durch Hülfe der Riesenteleskope in unermeſsliche Fernen dringt, so ist doch der hierdurch unvollkommen erkannte Raum vielleicht nur ein unbedeutender Theil des Ganzen, und was man über jenen in Folge vieler angestellter Beobachtungen ausgesagt hat, ist dem bei weitem gröſsten Theile nach bloſse Muthmaſsung und kühne, wenn gleich wahrscheinliche, Hypothese. Es wäre aber lächerlich, aus der unvollkommenen Kenntniſs der Erde, einiger weniger Planeten und Fixsterne, diejenigen Thatsachen entnehmen zu wollen, welche zur Erklärung des Ursprunges jenes noch gröſstentheils unbekannten Ganzen erfordert werden, und der bescheidene Naturforscher verweiset dieses daher aus dem

chel, Fontenelle, Iberti, James, Hall in Trans. of the Edinb. soc. X. 2., Bertrand in J. de Ph. XLIX. 120. Esmark in Edinb. Phil. J. N. S. III. 107. Ursprünglich in Mag. för Naturvidenskaberne. Christ. 1824. I. 28. Knight in Theory of the Earth. 1820. Faujas de Saint Fond in Essais géologiques, Cordier in sur les substances minerales dites en Masse. 1815. Conybeare in Geology of England 1822. Macknight in Wernerian Memoirs. 1811. u. a. Eine sehr ausführliche Zusammenstellung der verschiedenen Theorien findet man in Rees Cyclopedia. Art. Cosmologie. Noch vollständiger im Art. Earth; Theory. Minder vollständig ist G. Penn in A comperative estimate of the mineral and mosaical Geology. Lond. 1823. Das eigene System desselben, welches ganz die Mosaische Urkunde zum Grunde hat, ist eben deswegen weder neu noch mit den Thatsachen übereinstimmend. Auf gleiche Weise geht auch Bonnaire Mansuy in Cosmogonie ou de la formation de la terre cet. Par. 1824 von dieser Urkunde als dem einzigen sicheren Anhaltpuncte aus. Die neueste geologische Theorie von Link in Handbuch der physischen Geographie. Berl. 1826. 8. T. I. übergehe ich mit Stillschweigen, weil sie in dem bis jetzt erschienenen ersten Theile noch nicht vollständig enthalten ist.

Gebiete der Physik in das Gebiet des religiösen Glaubens, wohin es bis jetzt noch gehört.

2. Keineswegs hiermit gleichstehend ist die Frage, ob die Erde aus einem Kometen, aus kometarischer oder Meteorsteinmasse entstanden sey, denn hierbei liegt Erfahrung, wenn gleich in sofern eine mangelhafte, zum Grunde, als uns die physische Beschaffenheit der Kometen noch unbekannt ist. Rücksichlich des kometarischen, oder damit nahe verwandten, Ursprungs unserer Erde, aus vermeinten Meteorsteinen ist die Frage schon oben berührt, und an einem anderen Orte [1] bereits angegeben, dafs es nicht blofs denkbar sey, die Erde bestehe aus Meteorsteinmasse, sondern dafs sich diese Hypothese auch mit triftigen Gründen unterstützen lasse. Im Ganzen wird aber zur Aufstellung der Geologie nicht viel damit gewonnen, wenn sich diese Möglichkeit auch zur Gewifsheit erheben liefse, weil damit der ursprüngliche Zustand der Erde noch keineswegs völlig genau bestimmt ist.

3. Insofern die Geologie hauptsächlich die Aufgabe zu lösen hat, wie die anfängliche Beschaffenheit des Erdballs war, und durch welche Veränderungen derselbe zu seiner jetzigen Beschaffenheit gelangte, so läfst sich aus genugsam begründeten Thatsachen überzeugend darthun, dafs der ganze Erdball ursprünglich im Zustande der Flüssigkeit war [2], ohne zugleich bestimmt zu entscheiden, von welchem Grade der Fluidität, auf allen Fall aber von einem solchen, dafs die Rotation die Erzeugung seiner elliptisch sphäroidischen Gestalt bewirkte, und die einzelnen Schichten gleichmäfsig übereinander gelagert wurden, wobei entweder die schwereren Theile sich mehr nach dem Centrum hinsenkten, oder, unter der Voraussetzung einer gleichartigen Beschaffenheit des ganzen inneren Erdballs, die dem Mittelpuncte näher liegenden Theile durch den enormen Druck

1 S. *Erde* Th. III. S. 1070.

2 La Place Syst. du Monde II. 142. 443. Eben derselbe in Méc. Cél. V. 12. sagt, die den Quadraten der Sinusse der Breite proportionale Abnahme der Pendellängen beweiset, dafs die Schichtungen der Erde regelmäfsig um den gemeinschaftlichen Schwerpunct gelagert, und fast elliptisch sind. Hieraus folgt aber nothwendig ein ursprünglicher Flüssigkeitszustand der Erde.

der oberen Schichten eine gröfsere Dichtigkeit erhielten. Die Gründe hierfür sind schon früher mitgetheilt [1].

4. Ein Hauptpunct der geologischen Untersuchungen betrifft nun aber die Frage, ob dieser Flüssigkeitszustand der Erde auf der ersten Stufe ihrer Ausbildung ein feuriger oder ein wässeriger war. Gegen die letztere Hypothese erklärt sich die Chemie ganz entschieden. Obgleich nämlich nicht mit vollkommener Gewifsheit bestimmt werden kann, woraus der eigentliche Kern der Erde besteht, und wie grofs daher die Auflöslichkeit der ihn bildenden Substanzen im Wasser seyn mag, so würde doch blofs die Auflösung der Fossilien, welche die äufsere Erdkruste bilden, eine solche übermäfsige Menge Wasser erfordern, dafs, ohne seine Zuflucht zu einem Wunder zu nehmen, niemand im Stande seyn würde nachzuweisen, wo diese ungeheure Menge desselben später geblieben sey. Wollte man sagen, dafs auch der primitive Zustand dieser, die Erdkruste bildenden Substanzen unbekannt sey, und immerhin ein anderer gewesen seyn könne, als welchen die Chemie nach den jetzigen Erfahrungen annimmt, daher sie dann vielleicht auflöslicher im Wasser gewesen wären, als wir jetzt finden, so mufsten sie doch auf allen Fall einmal in denjenigen Zustand übergehen, in welchem wir sie gegenwärtig beobachten, und sollen dann die noch jetzt sich zeigenden Krystalle diese ihre Form aus einer wässerigen Solution erhalten haben, so führt dieses doch allezeit wieder auf die angegebene Schwierigkeit, ohne sie im mindesten zu lösen. Aufserdem aber würde eine solche Argumentation sich aus dem Gebiete des Be-

1 S. *Erde* Th. III. S. 920. u. 940. J. Ivory in Phil. Trans. 1812. S. 2. ff. findet ein Argument gegen den von Newton, La Place u. a. angenommenen Satz einer ursprünglichen Flüssigheit der Erde in der Erfahrung, dafs so viele schwere Körper in ihrer Kruste gefunden werden, die vermöge ihres spec. Gewichtes hätten niedersinken müssen, desgleichen in der Form des Landes und der sie umgebenden Meere, so wie in der Tiefe der letzteren, wenn man nicht annehmen wolle, dafs das Land nachher gehoben sey. Die letztere Hypothese stimmt aber mit der gangbaren Theorie der Vulcanisten überein, wobei zugleich ein Sinken des Meeresgrundes angenommen werden kann. Dem ersteren Einwurfe steht aber der Umstand entgegen, dafs die jetzt in der Erdkruste sich findenden schweren Körper, namentlich die Metalle, ursprünglich gewifs nicht in ihrem jetzigen gediegenen Zustande vorhanden waren.

kannten und Thatsächlichen in das Gebiet des Unbekannten und bloſs Hypothetischen verirren, und somit der ganze Standpunct der Untersuchung verrückt werden. Gegen einen feurigen Fluſs des Erdballs oder mindestens die zur Verschiebbarkeit und gehöriger Lagerung der an Dichtigkeit regelmäſsig abnehmender Kugelschichten erforderliche Erweichung der inneren Theile und den zur Krystallisation der Kruste erforderlichen Flüssigkeitszustand hat man stets eingewandt, daſs geschmolzene Erden und metallische Substanzen nicht so vollständig und schön krystallisiren, als wir dieses namentlich bei den granitischen Gebirgen wahrnehmen. Die Vulcanisten beantworten indeſs diesen Einwurf dadurch, daſs sie sagen, die Krystallisation würde allerdings vollstäudig erfolgen, wenn nur der Grad des Flüssigseyns durch hinlängliche Hitze genugsam gesteigert sey, und die Krystallisation unter gehörigem Drucke und langsam genug erfolge. Zur Unterstützung dieser Behauptung dienen dann allerdings die oben angegebenen wohl nicht genugsam gewürdigten Versuche von Hall [1] und insbesondere einige neue, wodurch jüngstens Mitscherlich die Wissenschaft bereichert hat. Es ist diesem nämlich gelungen, verschiedene Krystalle, welche sich in der Natur finden, auf trockenem Wege künstlich herzustellen [2], wovon man, ungeachtet der früheren Versuche von Hall, die Möglichkeit zu bezweifeln geneigt war. Daſs übrigens Krystalle, namentlich auch von Quarz, auf nassem Wege entstehen können, dieses ist auf keine Weise zu bezweifeln, und durch directe Erfahrungen durch Silliman [3], Brewster [4] u. a. bewiesen.

5. Wenn gleich hiermit die Möglichkeit dargethan ist, daſs die krystallisirten Urgebirge, und namentlich der Granit, auf trockenem Wege gebildet seyen, und die anderweitig durch so viele Gründe unterstützte Hypothese der Vulcanisten auf diese Weise ein auſserordentliches Uebergewicht erhalten hat, so

1 Die neuesten findet man in Ann. of. Phil. N. S. 1826. Oct. 299. Daraus in v. Leonhard Zeitsch. f. Miner. 1827. I. 415.

2 Ann. Chim. Phy. XXIV. 355. Ann. des Mines IX. 176. Edinb. Journ. of Sc. III. 129.

3 Amer. Journ. of. sc. VIII. 282.

4 Edinb. J. of sc. III. 140.

verliert sich die Geologie doch alsobald wieder in das dunkele Gebiet des blofs hypothetischen. Die ursprüngliche Bildungsgeschichte unseres Erdballs läfst sich nämlich mit einem hohen Grade von Wahrscheinlichkeit so vorstellen, dafs die Hauptmasse der Erde durch die Vereinigung von Meteorsteinen und Meteoreisen gebildet sey, wie wir diese noch jetzt häufig auf der Erde ankommen sehen, und deren Zahl anfänglich weit gröfser seyn mufste, ehe sie zu diesem und den übrigen Planeten vereinigt waren[1]. Mögen nun diese, ohne Zweifel kosmischen, Massen wirklich kometarisch oder den Kometen blofs ähnlich seyn, so kommen sie doch noch jetzt in einem Zustande der Weichheit und des Geschmolzenseyns im Bereiche unserer Erde an, und es ist kein Grund vorhanden anzunehmen, dafs es ehemals anders gewesen seyn sollte. Die Erde konnte daher diejenige Beschaffenheit ihres Kernes erhalten, welche ihr gegenwärtig nach triftigen Wahrscheinlichkeitsgründen eigen ist, auch konnten durch Abkühlung der oberen Rinde die Urgebirge gebildet werden. So weit fügt sich alles den bekannten Thatsachen vortrefflich an. Nun aber entsteht die Frage, welche Rolle spielte hierbei das Wasser? War dasselbe ursprünglich schon vorhanden, kam es allmälig und in verschiedenen Perioden hinzu u. s. w.? Hier ist alles hypothetisch, und durchaus kein fester Anhaltpunct vorhanden. Dafs Wasser aus dem Weltraume auf eine gleiche Weise als die Meteorsteinmassen auf die Erde gekommen seyn sollte, darüber ist keine Erfahrung vorhanden und kann auch nicht wohl eine vorhanden seyn, sonst wäre es bei weitem am leichtesten anzunehmen, die Krystallisation der Erdrinde sey schon vollendet gewesen, als sie mit einer mächtigen Lage Wasser überschüttet wurde, wobei man hypothetisch noch hinzusetzen könnte, dafs die hohe respective Wärmecampacität des letzteren die Abkühlung der Erdrinde bewirkt oder mindestens befördert habe. Hutton's, Breislak's, und Parrot's Meinungen über diese Frage sind oben schon beiläufig erwähnt, Mitscherlich aber spricht sich noch bestimmter über dieselbe aus. Nach seiner Meinung darf man annehmen, dafs nicht blofs die Erde, sondern auch das Meer, welche also beide vereint gleich anfangs existirt haben müfsten, eine höhere Temperatur hatten. Setzt man die des Meeres nur auf 100° C., so mufste die Oberfläche desselben um

1 Vergl. die Gründe hierfür im Art. *Erde.* Th. III. S. 1070.

32 Fuſs zur Bildung einer neuen Atmosphäre sinken, der Druck der letzteren aber verdoppelt werden. Nach La Place soll dann die mittlere Tiefe des Meeres vier geographische Meilen betragen [1], und wenn man annimmt, daſs 0,75 hiervon in Wasserdampf verwandelt war, so muſste auf die Oberfläche der Erde ein Druck von 2250 Atmosphären ausgeübt werden, wobei die Masse der Grundgebirge geschmolzen seyn konnte, ohne daſs das Wasser kochte, und so konnte sie unter einer Decke glühenden Wassers fest werden. Vielleicht veränderte dieser hohe Druck die Affinitäten, indem z. B. in Urgebirgen oft kohlensaurer Kalk und kohlensaure Bittererde angetroffen werden, welche in vulcanischen Producten fehlen, wo diese Erdarten mitKieselerde verbunden sind. Bei dieser hohen Pression vermochte die Kieselerde nicht die Kohlensäure auszutreiben, wie bei den Producten der Vulcane. Es lieſse sich ferner hieraus die Anwesenheit des Wassers in manchen Fossilien erklären [2], wenn diese anders nicht erst später auf dieselbe Art entstanden sind, als sie noch jetzt entstehen. War ferner das Wasser nur bis 250° C. erhitzt, so muſste es vermöge seiner Ausdehnung 2000 F. höher stehen, als jetzt.

Von dieser Hypothese Mitscherlich's läſst sich allerdings mit Grunde sagen, daſs sie in sich consequent sey, und es folgt daraus im Ganzen mindestens so viel, daſs aus dem Vorhandenseyn des Wassers, auch wenn man annehmen will, daſs dasselbe gleich anfangs mit dem glühenden Erdballe vereint existirt habe, kein entscheidendes Argument gegen die Thorie der Vulcanisten herzunehmen sey. Insofern aber die ganze Vorstellung bloſs

1 Diese Angabe lese ich oft, jedoch ohne Nachweisung der Quelle, woraus sie entnommen ist. La Place weiset nach in Mém. de l'Inst. 1818, daſs die mittlere Tiefe des Meeres nur *ein kleiner Bruch* des Unterschiedes beider Erdaxen seyn könne, welcher *Unterschied* 21000 Metres betrage. Eben dieses wird wiederholt in Expos. du syst. du Monde II. 137, wo es wörtlich heiſst: qu'elle (la mer) doit être peu profonde, et que sa profondeur moyenne est du même ordre que la hauteur moyenne des continens et des îsles au dessus de son niveau, hauteur qui *ne surpasse pas mille mètres*.

2 Es findet sich noch jetzt Wasser in einigen Basalten, z. B. in dem von der Pflasterkaute, von Faroe, aus dem Vicentinischen u. s. w. s. Nouveau Bulletin de la soc. Philom. 1825. S. 124. Die Neptunisten wollten dieses zum Beweise seines wäſsrigen Ursprungs benutzen.

hypothetisch ist, und ebensowohl noch andere Hypothesen erdacht werden können, als man auch diese anders zu modeln und zu modificiren im Stande seyn würde, so scheint es mir überflüssig, weiter darauf einzugehen, bis erst durch neue Thatsachen das Ganze weiter aufgeklärt und fester begründet seyn wird.

6. Eine groſse Menge der wichtigsten und bedeutendsten Veränderungen der Erdkruste ist durch vulcanische Kräfte hervorgebracht, und da diese letzteren, welcher Theorie man auch huldigen mag, bei der jungen Erde ungleich thätiger seyn muſsten, als mehrere Jahrtausende nach ihrer anfänglichen groſsen Umbildung, die geschichtliche Zeit aber unwidersprechlich nachweiset, daſs bedeutende Bergzüge (namentlich der Jorullo bis mehr als 1500 Fuſs über die früher bestandene Fläche [1]), einzelne Hügel und selbst Inseln im Meere durch vulcanische Kräfte in die Höhe gehoben wurden, da ferner diejenigen Kräfte, welche so unglaublich hohe Lavasäulen zu heben und ungeheure Felsenblöcke hoch emporzuschleudern vermögen [2], sicher auch für genügend zu betrachten sind, um selbst die ausgedehntesten Bergketten zu heben, so faſst die Hypothese derjenigen Vulcanisten nichts den Naturgesetzen Widersprechendes in sich, welche annehmen, daſs die meisten und gröſsten einzelnen Berge sowohl, als auch Bergketten erst nach der Erstarrung der äuſseren Erdkruste, und nachdem diese schon eine geraume Zeit mit Wasser bedeckt gewesen war, durch vulcanische Kräfte von Innen emporgehoben wurden [3]. Hieraus erklärt sich dann leicht, wie die Ueberreste der frühesten Bewohner des Meeres auf die groſsen Höhen der Berge gelangten, wo wir sie noch jetzt antreffen, und warum die Schichtungen der secundären und tertiären Gebirgsformationen ein so verschiedenes Streichen und Fallen zeigen. Manche von den hiernach in beträchtlicher Tiefe unter der Erdkruste entstandenen Höhlen mögen noch jetzt vorhanden seyn, wofür auch entscheidende Beobachtungen sprechen [4].

1 v. Humboldt in Journ. de Ph. LXIX. S. 148.

2 Vergl. *Vulcane.*

3 Diese Meinung hegt unter den neuern Geologen namentlich H. B. de Saussüre in Voyages dans les Alpes. 1779 bis 1786. IV vol. 4. §. 2300. Vorzüglich aber ist sie vertheidigt durch L. v. Buch in Abh. d. Berl. Akad. d. W. 1812—13. S. 141. 1818—19. S. 51. Geognost. Beob. auf Reisen durch Deutschl. u. Ital. II. 249.

4 S. *Höhlen.*

die meisten aber sind gewiss mit dem eingedrungenen Wasser erfüllt worden, welches in einigen noch jetzt vorhanden seyn mag, während die Mehrzahl wohl ohne Zweifel mit hineingespültem Erdreich ausgefüllt ist. Dass übrigens diese Höhlen so gross seyn sollten, als erforderlich wäre, um das Wasser von seinem früheren Stande nach der Hypothese der Neptunisten bis zu seinem jetzigen zu vermindern, dieses ist wegen der nach Innen zunehmenden Dichtigkeit der Erde unzulässig, und wird deswegen auch von D'AUBUISSON [1] durchaus verworfen.

DE LA PLACE [2] stellt inzwischen eine andere Hypothese auf, welche eben so gut neptunisch als vulcanisch seyn kann und unterstützt sie scheinbar mit Gründen, welche aus der Beschaffenheit des elliptischen Erdsphäroids hergenommen sind. Nachdem er namlich gezeigt hat, dass zur Erhaltung des Gleichgewichts der Erde und ihrer Schichten die mittlere Höhe der Berge der mittleren Tiefe des Meeres nahe proportional seyn muss, während die grössten Tiefen des letzteren den höchsten Spitzen der ersteren wegen schon erfolgter Zuschlemmung nicht gleich kommen, dass aber sowohl die Erhabenheiten als auch die Vertiefungen auf der Erdoberfläche nur einen kleinen Bruchtheil des Unterschiedes der beiden Erdaxen ausmachen, und dass endlich die unverkennbarsten Spuren einen früher höheren Stand des Meeres anzeigen, so schliesst er, dass die wiederholten Einsinkungen der Inseln und eines Theiles des Festlandes, verbunden mit ausgedehnten Einsinkungen des gesammten Meeresbodens, wodurch früher vom Meere bedeckte Theile trocken wurden, durch diejenigen Erscheinungen deutlich angezeigt werden, welche die Oberfläche der Erde und die Lagerungen auf derselben uns darbieten. Um sie zu erklären dürfe man nur annehmen, dass diejenigen Ursachen, welche noch jetzt dergleichen Wirkungen hervorbringen, sich damals kräftiger äusserten. Einsinkungen eines Theiles des Meeresbodens mussten aber einen so viel grösseren Tractus aufs Trockene bringen, je weniger tief das Meer früher an diesen Stellen war, und so konnten durch dieses Mittel grosse Continente sich über das Wasser erheben, mit welchem sie früher bedeckt waren, ohne eine bedeutende Veränderung in der Gestalt des Erdsphäroids hervorzubringen,

1 Traité de Geog. I. 413.

2 Expos. du syst. du Monde II. 137.

wie denn überhaupt die Regelmäſsigkeit der Gestalt des elliptischen Sphäroids der Erde erfordert, daſs die Einsenkungen des Meeres nur einen kleinen Bruchtheil des Unterschiedes beider Erdaxen betragen durften.

La Place scheint mir indeſs nur in einem Theile dieser vollständig mitgetheilten Darstellung Recht zu haben. Zuerst ist es unbestreitbar, daſs diejenigen Veränderungen, wodurch die Erdkruste ihre, bei der Erstarrung aus dem Flüssigkeitszustande als eben hervorgegangene, oder mindestens in jenem Zustande völlig ebene Oberfläche zu den jetzt vorhandenen Unebenheiten umbildete, hinsichtlich auf die gesammte Erdmasse und auch selbst im Verhältniſs zu dem Unterschiede beider Erdaxen nur eine geringe Gröſse betragen durften. Ausgemacht ist es ferner, und auf allen Fall den Naturgesetzen nicht widerstreitend, daſs der Meeresboden an einigen Stellen oder auch wohl im Ganzen eingesunken seyn mag. Daſs aber die jetzige Unebenheit der Erdoberfläche aus solchen Einsinkungen allein erklärbar seyn sollte, dieses ist mit bekannten Thatsachen keineswegs leicht vereinbar. Zuerst streiten nämlich dagegen die kuppelförmig gewölbte Lagerung und das hiermit übereinstimmende Fallen der verschiedenen über einander gelagerten Felsarten [1], welches vielmehr auf ein Gehobenseyn der untersten Lager deutet, indem sie sonst horizontal liegen müſsten, wenn man keine allgemeine, bloſs einige höchste Puncte der Erdrinde nicht einschlieſsende, und somit zu tiefe Einsinkung annehmen wollte. Zweitens aber ist es zwar wohl denkbar, daſs bei der Festwerdung der Erdkruste nach dem Flüssigkeitszustande blasige Räume entstanden, welche nachher einsinken und das Meerwasser aufnehmen konnten, allein daſs diese eine hinlängliche Weite gehabt haben sollten, um das gesammte jetzige Meer aufzunehmen, ist schon deswegen nicht so wahrscheinlich als die gewöhnliche Meinung der Vulcanisten, wonach vielmehr die Hervorragungen der Erde gehoben sind, weil man nur die Hälfte der erforderlichen Wirkung anzunehmen genöthigt ist, wenn man voraussetzt, die Berge seyen um eben so viel gehoben, als der Meeresboden einsank; und wenn man einmal zugiebt, daſs früher solche blasenförmig aufgetriebene Räume gebildet werden konnten, so darf

1. Vergl. Th. III. S. 1075.

man auch nicht wohl in Abrede stellen, dafs ihre Entstehung später gleichfalls möglich war, während das Meer schon in ein und den andern jener älteren Räume hinabsank. Endlich aber sprechen mehr Thatsachen für das Emporgehobenwerden von Theilen des Erd- und Meeresbodens, als für Einsenkungen desselben, wenn gleich beide Arten von Erscheinungen im Gebiete der Möglichkeit liegen, und M. v. Engelhard und F. Parrot[1] aus Gründen zu erweisen suchen, dafs der Boden des Caspischen Meeres gesunken sey, oder das Wasser desselben sich in unterirdische vulcanische Höhlen gezogen habe, folglich diese Hypothese durch ein erwiesenes Factum Unterstützung erhalten hätte.

7. Wenn gleich hiernach die ursprüngliche Gestaltung des Erdballs und die Bildung seiner Rinde nebst den wesentlichsten primitiven Veränderungen beider und somit auch der Erdoberfläche durch vulcanische Kräfte hervorgebracht wurden, so darf man dabei doch keineswegs dem Wasser eine bedeutende Mitwirkung bei der Erzeugung eines grofsen Theils der Felsarten absprechen. Ganz entschieden verdanken diesem neptunischen Bildungsmittel die aufgeschwemmten Gebirge ihren Ursprung, und nicht minder die tertiären, so wie auch wohl sicher mindestens mehrere der sogenannten secundären Gebirgsformationen, wenn gleich manche derselben durch spätere vulcanische Actionen bedeutend verändert seyn mögen. Am entscheidendsten, und nicht ohne triftige Gründe, hat sich hierüber d'Aubuisson[2] geäufsert, dessen Urtheil bei seinen grofsen geognostischen und physikalischen Kenntnissen gewifs von vorzüglicher Wichtigkeit ist. Nach seinem Urtheil müssen alle diejenigen Felsarten, welche Reste von Seethieren enthalten, namentlich das grofse Lager von Kupferschiefer im Mannsfeld'schen mit den vielen Tausenden von Fischabdrücken u. s. w. für einen Niederschlag aus einer wässerigen Auflösung gehalten werden, weil sich aus der Art der Lagerung jener Petrefacten ergiebt, dafs die in steinige und metallische Substanzen umgewandelten Thiere an denjenigen Orten früher gelebt haben, wo wir jetzt ihre Reste oder die Abdrücke derselben wiederfinden. Allerdings führt dieses wieder zu der oben schon aufgeworfenen Frage, wo denn

1 Reise in die Krym u. den Caucasus. Berl. 1815. I. 257.

2 Traité de Geognosie. II Tom. Strafsbourg. 1819. I. 379. ff.

das viele Wasser geblieben seyn möge, welches alle jene Mineralien aufgelöset enthielt, und d'Aubuisson beantwortet dieselbe keineswegs, vielmehr sagt er, daſs dieses bis jetzt noch unbekannt sey; allein obgleich wir die auflösende Kraft des Wassers, in welchem namentlich jene Kupferkiese früher aufgelöset waren, nicht kennen, so spricht doch die Anwesenheit der Ueberreste lebender Wesen zu entscheidend für das ehemalige Vorhandenseyn desselben, als daſs man dieses in Zweifel ziehen könnte. D'Aubuisson geht in diesen seinen Schlüssen noch weiter, und meint, die so sehr vollständige Krystallisation der Urgebirgsarten und ihre keineswegs volltständige und bestimmte Scheidung von den secundären deute sehr entscheidend auf eine frühere Lösung im Wasser. Daſs dieser Schluſs gegenwärtig nicht mehr vollständig bestehen könne, ist oben nachgewiesen, insofern es jetzt als ausgemacht angenommen wird, daſs die Erdarten auch aus dem feurigen Flusse Krystalle von hinlänglicher Gröſse und Regelmäſsigkeit der Form liefern können; ob aber wirklich keine feste Grenzscheidung zwischen den Urgebirgsarten und denen der secundären Formation statt finde (zwischen denen noch die Uebergangsfelsarten in der Mitte liegend angenommen werden [1]), man daher befugt sey, aus der erwiesenen Anwesenheit von Resten früherer Meeresgeschöpfe in den letzteren auf eine neptunische Bildung der ersteren zu schlieſsen, dieses ist eine Frage, welche die Geognosie zu beantworten hat, und ich bemerke darüber im Allgemeinen nur so viel, daſs die neptunische Bildung aller derjenigen Felsarten, worin sich Petrefacten aus dem Thierreiche finden, wenn sie anders nicht bloſs durch Zufall später hineingekommen sind, schwerlich jemals in Zweifel gezogen werden kann. Ohnehin zeigen die zur secundären Formation gehörenden Sand- und Kalksteinfelsen sehr entscheidende Kennzeichen eines solchen Ursprungs, indem mit vielem Grunde angenommen wird, daſs aller Sand aus abgerundeten Trümmern des Quarzes der Urgebirge entstanden sey. Inzwischen bleibt hiermit noch immer die Frage unbeantwortet, wie der jetzige Vorrath des Wassers auf der Erde alle die hiernach aus demselben niedergeschlagenen Felsarten aufgelöset ent-

1 D'Aubuisson a. a. O. I. 388. nennt bloſs terrains primitifs und secondaires, und hält beider Bildung für analog. Uebrigens nimmt er gleichfalls die terrains intermediaires an. S. a. a. O. II. S. 194.

halten habe, wozu nach unseren jetzigen Kenntnissen derselbe keineswegs ausreicht, und eine gröſsere Menge hypothetisch anzunehmen, führt offenbar zu einer neuen Hypothese, wonach dieselbe später vermindert seyn müſste. Es liegt sehr nahe bei der Sache, nach den Hypothesen von Mitscherlich und andern Vulcanisten zu folgern, daſs das unter stärkerem Drucke befindliche heiſsere und vielleicht bis zur Temperatur der Glühhitze gesteigerte Wasser eine ungleich gröſsere auflösende Kraft besessen habe, wodurch dann die vulcanische und neptunische Hypothese mit einander vereinigt werden würden. Bis jetzt haben wir indeſs keine Erfahrung, wonach allgemein die Auflöslichkeit der Erden im Wasser durch erhöhete Temperatur bedeutend gesteigert wird, und bei der Kalkerde findet gerade das Gegentheil statt. Wollte man diesem entgegensetzen, daſs noch keine Versuche vorhanden seyen, worin die Hitze des Wassers so sehr gesteigert wurde, als bei der ursprünglichen Bildung der Erde und ihrer Rinde angenommen werde, und man daher die alsdann stattfindende auflösende Kraft des Wassers noch nicht kenne, so verliert man sich abermals in das Hypothetische. Ob man übrigens eine eigentliche Auflösung der Fossilien im Wasser, und nicht vielmehr eine innige Mengung beider als genügend zur Erklärung der Entstehung mancher Gebirgsarten anzunehmen habe, darüber maſse ich mir kein entscheidendes Urtheil an.

8. Eben so wenig als vieles anderes ist bis jetzt noch der Ursprung der Gänge ausgemacht. Folgende Meinungen hierüber sind nach d'Aubuisson [1] ganz unzulässig: 1. Man betrachtet sie als Ramificationen eines im Innern der Erde befindlichen groſsen Stammes. 2. Oder sie sind aus der Masse des Gesteins durch gewisse unbekannte Agentien entstanden, von denen sie durchdrungen wurden. 3. Endlich waren die Spalten der Erdrinde früher vorhanden, und wurden erfüllt durch das eindringende Regenwasser mit denjenigen Substanzen, welche durch den Einfluſs des Sonnenlichtes oder der Luft oder der aus dem Innern der Erde verflüchtigten Stoffe in die jetzigen Gangmassen und Mineralien verwandelt wurden. 4. Auch die Hypothese des de la Métherie findet d'Aubuisson unzulässig, wonach die Fossilien der Gänge bei der Bildung der Erdrinde

1 a. a. O. II. 652.

der Erdaxe [1], woraus sich allerdings die meisten Aufgaben der Geologie eben so natürlich als leicht erklären liefsen. Allein die Geologen dürfen dieses Mittel der Erklärung nicht benutzen, weil sich die Astronomen bestimmt dagegen erklären. Namentlich hat Bode [2] ausführlich die Gründe entwickelt, aus denen eine solche Hypothese unstatthaft ist, und La Place [3] erklärt auf das bestimmteste, dafs er sich bemüht habe, sie mit astronomischen Thatsachen zu vereinigen, aber stets wieder sich von der Unmöglichkeit dieser Hypothese überzeuge. Hiernach ist es also durchaus am leichtesten und den bekannten Naturgesetzen am angemessensten, die namentlich durch die Versteinerungen begründeten Veränderungen der Erdoberfläche von einer Hebung der Gebirge durch vulcanische Kräfte und von einer in früheren Zeiten überall höheren Temperatur des Erdballs abzuleiten. Die Ursachen eines Wechsels von Lagern mit Ueberresten von Producten des Seewassers und der süfsen Gewässer, wie sie sich namentlich bei Paris nach Cüvier und Brogniard, südlich von London nach Webster und auch sonst noch finden [4], sind gegenwärtig noch problematisch; inzwischen würde es nicht schwer seyn, dieses Phänomen, jedoch blofs hypothetisch, mit Breislak [5] aus einem wechselnden Abflusse gröfserer Binnenmeere, oder aus einem wechselnden Stande des Meeres zu erklären [6].

10. Verschiedene nicht blofs ältere, sondern sogar auch neuere Geologen, und unter diesen selbst einige Koryphären der Wissenschaft, als namentlich Cüvier [7], Buckland [8], Jame-

1 Vergl. Meister de montium origine ab axis ter. mutat. pend. in Comm. Gott. 1782. p. 28. 1783. p. 101. und oben die Hypothese des Abbé Pluche.

2 Neue Schr. der Berl. Ges. Nat. Fr. II. 303.

3 Syst. du Monde. II. 138. Toute hypothèse fondée sur un déplacement considérable des pôles à la surface de la terre, doit être rejetée.

4 S. Th. III. S. 1075 und die dazu gehörige Kupfertafel.

5 Inst. geol. II. 488.

6 Dieses scheint die Meinung zu seyn, welcher Const. Prevost zugethan ist, nach einer vorläufigen Anzeige seiner Abh. in Ann. Ch. Ph. XXXV. 439.

7 Essay sur la Théorie de la Terre cet. Ein in mehreren Auflagen erschienenes classisches Werk.

8 Reliquiae diluvianae. Lond. 1823. 4. Zweite Aufl. eb. 1824.

son [1] und viele andere sind geneigt, eine allgemeine grofse Fluth anzunehmen, wodurch nicht blofs verschiedene Veränderungen der Erdoberfläche herbeigeführt, sondern namentlich auch die Ueberreste urweltlicher Thiere entweder in grofse Haufen zusammengeschwemmt, und dann mit nachher zu Steinen erhärteter Erde bedeckt, oder die Thiere selbst in die schon vorhandenen Höhlen zusammengedrängt und dann darin umgekommen seyn sollen. Immerhin bleibt die Lösung der Frage, wie eine wahrhaft erstaunenswürdige Menge der verschiedenartigsten Thiere, deren Ueberreste sich theils versteinert, theils blofs mit Erde und Steinen bedeckt in einem dem Vermodern nahen Zustande gegenwärtig so häufig vereint finden, an ihren jetzigen Fundort gekommen seyn mögen, ein höchst schwieriges Problem, wenn es gleich nichts Widersprechendes in sich schliefst anzunehmen, dafs die in aufgeschwemmter Erde häufig vorkommenden Reste des Mammut, des Urstiers und anderer vorweltlichen Thiere durch partielle Fluthen von höheren Gegenden herabschwemmt und im Schlamme begraben seyn mögen, um so mehr, da manche einzelne Ueberreste derselben noch in den Lagerungen ehemaliger Flufsbetten gefunden werden. Allein eine allgemeine Fluth, wenn man auch, abgesehen von den schon früher gebildeten Lagern der aus dem Meere entstandenen Versteinerungen, sie erst nach schon hergestellter Erdkruste stattfindend, also als die letzte Katastrophe der grofsen Veränderungen unsers Planeten betrachten wollte, ist durchaus unstatthaft, weil die sie erzeugenden Mittel nicht ohne unnatürliche Hypothesen aufzufinden sind. Wenn man von den älteren, den Naturgesetzen geradezu widersreitenden Erklärungen dieses Phänomens abstrahirt, so hat man neuerdings angenommen, ganz America sey aus dem Meere emporgehoben, oder es sey eine später wieder untergegangene grofse Insel im stillen Meere durch vulcanische Kräfte gebildet, oder es sey ebendaselbst ein grofses Continent untergegangen, oder eine Meteorsteinmasse von der Gröfse eines ganzen Gebirges oder einer ausgedehnten Insel sey dort hineingefallen, u. dergl. m. Alle solche ungeheuere Phänomene scheinen zwar auf den ersten Blick gleich grofse Wallungen und Fluthungen der grofsen Wassermasse des Meeres erzeugen

6 Essay on the Theory of the Earth. By Baron George Cuvier; with geological illustrations by Prof. Jameson. Fifth edit. Lond. 1827.

zu können, und wenn man blofs bei der allgemeinen Betrachtung der Sache stehen bleibt, so scheint die hypothetische Fluth keine unnatürliche Wirkung einer so ganz ungeheuren Ursache. Sobald man sich aber die Mühe giebt, das Problem nach hydrostatischen und hydraulischen Gesetzen genauer zu prüfen, so tritt augenblicklich die Unmöglichkeit der Sache sehr augenfällig hervor, und ohne eine Aufhebung der bestehenden Naturgesetze oder die Annahme eines Wunders ist das Ganze undenkbar. Nur auf zweierlei Weise nämlich ist das Phänomen als geschehen zu betrachten[1], zuerst wenn man annehmen wollte, das Meer sey durch eine der angegeben Ursachen in eine plötzliche Wallung versetzt, habe dadurch die Fluth veranlafst und dann seinen ursprünglichen Stand nach statischen Gesetzen wieder angenommen, etwa in der Art, wie noch jetzt durch anhaltende Stürme bewegte eingeschlossene Meere eine Ueberschwemmung der Küstenländer herbeiführen; oder wenn man sich im Ocean eine so grofse Masse erhoben dächte, dafs das verdrängte Wasser allgemein seinen Stand so sehr erhöhet hätte, um die Ueberschwemmung zu erzeugen, dann aber durch Ausfüllung eines angemessenen Raumes zu seinem früheren Niveau zurückgekehrt wäre. Der erste Fall ist undenkbar; denn es kann allerdings wohl ein eingeschlossenes Meer, wie die Ostsee, der Genfersee u. s. w. oder auch der in einen Canal, eine Bucht, eine weite Strommündung sich verengende Ocean durch anhaltende Stürme in Oscillationen versetzt werden, dafs das Wasser partiell da, wo die Os-

1 Wenn diese und ähnliche Veränderungen der Erdoberfläche von der Wirkung eines Kometen abgeleitet werden, wie z. B. durch Rhode. S. Ueber den Anfang unserer Geschichte u. die letzte Revolution unserer Erde, als wahrscheinliche Wirkung eines Kometen. Breslau 1819, so wird man hier keine specielle Widerlegung dieser Hypothese erwarten. La Place äufsert sich über die Nichtigkeit einer solchen Furcht in einer vortrefflichen Stelle, welche wohl der Mittheilung werth ist. Er sagt Syst. du Monde II. 60. Mais l'homme est tellement disposé à reçevoir l'impression de la crainte, que l'on a vu en 1773 la plus vive frayeur se répandre dans Paris, et de là se communiquer à toute la France sur la simple annonce d'un mémoire dans lequel Lalande déterminait celles des comètes observées, qui peuvent le plus approcher de la terre: *tant il est vrai, que les erreurs, les superstitions, les veines terreurs et tous les maux qu'entraine l'ignorance, se reproduiraient promtement, si la lumière des sciences venait à s'éteindre.*

cillation einen Widerstand findet, etliche Meilen landeinwärts die Küsten bis zu einer Höhe von 20 oder wohl gar 50 F. überschwemmt, im weiten und überall freien Oceane aber sind solche Oscillationen unmöglich, wollte man sich auch einen noch so grofsen Körper hineingeworfen oder eine noch so starke Erschütterung durch ein unterirdisches Erdbeben denken. Wie man sich auch den Fall denken mag, so führt jede Berechnung allezeit auf diese Unmöglichkeit, und nur diejenigen, welche die allerdings grofsen partiellen Verheerungen der Küsten durch die Meeresfluthen bei heftigen Erdbeben ins Unermefsliche, aber auch ins Unmögliche vergröfsert in ihrer Phantasie ausdenken, glauben eine solche allgemeine Ueberschwemmung der ganzen Erde von ähnlichen, aber vergröfserten Ursachen ableiten zu können. Zum Beweise möge folgende ohngefähre Berechnung dienen. Das Wasser bei der Ueberschwemmung des Bagni-Thales [1] erreichte die gröfste, jemals beobachtete Geschwindigkeit von 32 F. in einer Secunde da, wo sie am stärksten war, und durchlief im Ganzen eine Strecke von 18 Lieues in 5,5 Stunden. Sollte nun das an irgend einem Puncte der Erde gehobene oder in Bewegung gesetzte Wasser den halben Umfang der Erde, welcher 2700 Meilen beträgt, durchlaufen, damit sich die äufsersten Enden wieder vereinigten, so würden hierzu mehr als 57 Tage erfordert werden. Jenes Wasser erhielt und behielt aber diese Geschwindigkeit, indem es auf der genannten Strecke von 18 Lieues im Ganzen von einer 4187 F. betragenden Höhe herabstürzte, und sollte die Höhe, von welcher es auf jener längeren Strecke herabstürzen müfste, dieser proportional seyn, so würde sie jene in runder Zahl nur zu 4000 Fufs angenommen, gerade eine Million Fufs oder nahe 42 Meilen betragen, oder man könnte auch annehmen, es hätte dem Wasser eine Geschwindigkeit der Bewegung gegeben werden müssen, welche vermögend gewesen wäre, dasselbe zu einer Höhe von einer Million Fufs empor zu treiben. So wie aber diese Höhe oder die derselben zugehörige Geschwindigkeit des Fliefsens vermindert wird, wächst zugleich die oben angegebene Zeit, und es ist undenkbar, dafs während dieser verlängerten Zeit das bewegte Wasser nicht in sein altes Bette zurückfliefsen sollte, ohne an das geforderte Ziel zu gelangen.

1 G. LX. 381. u. LXII. 108.

Ein anderer Gegengrund gegen eine solche Annahme liegt in der erforderlichen Menge des Wassers; weil dieser aber mehr die zweite Ansicht trifft, so wird es am besten seyn, sie in directer Beziehung auf diese zu prüfen. Wir wollen also annehmen, ganz America sey vorher unter dem Meere begraben gewesen, dann plötzlich durch vulcanische Kräfte gehoben [1], es habe somit das Wasser aus der Stelle verdrängt, so daſs dieses eine willkürlich lange Ueberschwemmung verursachte, bis es sich wieder in den von diesem Lande früher eingenommenen Raum verlief. Abgesehen von den übrigen bedeutenden Gegengründen gegen eine solche Hypothese wollen wir annehmen, die mittlere Tiefe des Meeres über diesem Continente habe eine ganze geographische Meile betragen. Da nun die Oberfläche des Erdellipsoids sehr genau 9260500 geogrophische Quadratmeilen beträgt [2], der Flächeninhalt von America aber nahe 572110 geogr. Q. M., so beträgt letzteres etwas mehr als $\frac{1}{16}$ von jenen, und nur um den so vielten Theil einer Meile, also nur um 1500 F. konnte das Wasser allgemein über das Niveau des Meeres steigen, und es würden also selbst bei einer an sich so unnatürlichen Hypothese, welche die Annahme einer noch vorhandenen ganz ungeheuern Wassermasse unter jenem Welttheile voraussetzt, doch noch Oerter auf der Erde vorhanden seyn, wohin dasselbe nicht kommen konnte, aber dennoch hingekommen seyn müſste, wenn man alle die Veränderungen aus dieser Katastrophe erklären wollte, welche man derselben gern beimessen möchte [3]. Daſs dagegen viele und mitunter ausnehmend groſse partielle Fluthen statt gefunden, und sehr bedeutende Veränderungen angerichtet haben mögen, ist wohl keinen Augenblick zu bezweifeln [4]. Solche muſsten schon nothwendig erfolgen, wenn die Berge durch vulcanische Kräfte aus dem Meere erhoben wurden, dabei groſse Binnenmeere einschlossen und diese späterhin ihre Ufer durchbrachen, ja wir

1 F. H. Link in: Die Urwelt u. s. w. II. 82. leitet die allgemeine groſse Fluth von der Erhebung America's her, welches als ein neues Land anzusehen sey.

2 S. Th. III. S. 934.

3 Aus andern gewichtigen Gründen erklärt sich gegen eine allgemeine Fluth Flemming in Edinb. Phil. Journ. XXVIII. 205.

4 Vergl. v. Zach in Corresp. astron. T. XIV. Nr. 2.

finden noch jetzt viele Districte, welche die unverkennbarsten Spuren an sich tragen, dafs sie früher unter Wasser standen, bis sich dieses irgendwo einen Ausweg bahnte. Ueberhaupt war die, die Erdoberfläche verändernde Wirkung des Wassers ungleich gröfser als in der geschichtlichen Zeit, da ohnehin die Hypothese mindestens mit einigen Wahrscheinlichkeitsgründen unterstützt werden kann, dafs der Meeresboden im Allgemeinen gesunken, der Spiegel des Meeres erniedrigt sey, und das Meer überhaupt an einigen Stellen sich ein Bette gegraben habe, wo es früher nicht vorhanden war. Saussüre [1] hält die zackigen Spitzen der Alpen, d'Aubuisson [2] die einzelnen konischen Berge, als die Landskrone in der Lausitz, die Felszacken bei Greifenstein in Sachsen u. a. für die Reste ursprünglich gröfserer, jetzt gröfstentheils zerstörter Berge; die überall zerstreuten, einzeln liegenden Felsblöcke (sogenannte Findlinge) sind auf allen Fall Trümmer zerstörter Berge [3], bei deren Zerstreuung grofse Wasserfluthen ohne Zweifel mindestens oft thätig waren, und wenn die südlich vom Baltischen Meere zahlreich vorkommenden wirklich dem skandinavischen Granite verwandt, und zur Zeit der Formation des Grobkalkes an ihre jetzige Lagerstätte gekommen sind, wie Hausmann in seiner gehaltreichen Untersuchung über diesen Gegenstand behauptet [4], so könnte es fraglich werden, ob damals die Ostsee sich wirklich schon ihr Bette gegraben hatte, und ihr Spiegel mit dem jetzigen mindestens nahe überein kam. Ueberhaupt, wenn man die zerstörenden Wirkungen betrachtet, welche noch gegenwärtig durch grofse Fluthen angerichtet werden, wenn man die Menge von Steinen, Kies, Erde und Sand berücksichtigt, womit sie nicht selten die Niederungen überschütten, so darf man mit Recht vermuthen, dafs ihre Wirkungen auf der jüngeren Erde noch ungleich stärker waren [5].

1 Voyages §. 2244.

2 Traité de Geog. I. p. 228.

3 Vrgl. Th. III. S. 1078.

4 Comm. Soc. Reg. Gott. 1827. Nach einer vorläufigen Anzeige in Gött. gel. Anz. 1827. Sept.

5 Da dieser ganze Artikel auf Vollständigkeit keine Ansprüche machen, sondern nur die Hauptsachen enthalten soll, so konnte auch in diesen ersten Abschnitten die Literatur selbst nicht relativ vollständig mitgetheilt werden. Auf blofse Hypothesen, welche der richtigen

C. Spätere Veränderungen der Erde.

Dafs die Bildung und Veränderung der Erde auf eine gewisse Zeit beschränkt gewesen seyn, folglich einmal ganz aufgehört haben sollte, ist auf keine Weise anzunehmen, vielmehr folgt sowohl aus Gründen der Wahrscheinlichkeit, als auch aus entscheidenden Thatsachen, dafs diese Veränderungen ohne Unterbrechung fortdauern, jedoch vermuthlich in stets abnehmender Zahl und mit verminderter Wirksamkeit. Hätten wir einen bestimmten Anfang der eigentlichen Geschichte der Veränderungen, welche die Erde und hauptsächlich ihre Rinde erlitten hat, so liefsen sich die geschichtlichen von den vorgeschichtlichen unterscheiden, da es aber nicht einmal einen scharf begrenzten Anfang der Geschichte des Menschen giebt, so läfst sich jener noch ungleich weniger erwarten, und es kann daher in vielen Fällen nicht genau bestimmt werden, ob irgend eine, durch sprechende Thatsachen noch jetzt kenntliche Veränderung der Erdoberfläche vor dem Bewohntseyn derselben durch Menschen oder nach demselben erfolgte, oder aber in beide Perioden gehört, wenn gleich viele entschieden der geschichtlichen und einige sogar der neuesten Zeit bestimmt angehören. Eine genaue Trennung nach der Zeitfolge ist daher auch bei den in diesen Abschnitt gehörigen Thatsachen unmöglich, und bei manchen bleibt es unbestimmt, in welche Zeit sie gehören; endlich aber ist ihre Zahl so übermäfsig grofs, dafs mindestens hier nur die wesentlichsten derselben Platz finden können, welche man zur leichteren Uebersicht nach den hauptsächlich wirkenden Ursachen unter gewisse Abtheilungen zu bringen pflegt.

1. Wenn gleich die eigentliche *Bildung der Gesteine*, welcher namentlich die Porphyre, Puddingsteine, Nagelflue und

astronomischen und physikalischen Principien ermangeln, wie z. B. in folgenden Schriften enthalten sind: Theoretische Bruchstücke über die Natur der Erde, Sonnen- u. Planetenwelt. Von S. P. T., Düsseldorf 1798. 4. Zertrümmerung des grofsen Planeten Hesperus und Phaeton cet. Von J. G. Radlof. Berl. 1823. 8. Cosmogoniae Antiquitatis primae lineae. cet. a. H. P. Sandal. Hafn. 1819. 8. und mehrere andere konnte überhaupt keine Rücksicht genommen werden. Viele Thatsachen findet man zusammengestellt in J. G. J. Ballenstedt die Urwelt oder Beweis von dem Daseyn und Untergange von mehr als einer Vorwelt. 3te Aufl. 1819. III T. 8. und in dessen: Die Vorwelt und die Mitwelt. 1824. II T. 8.

mehrere andere in der Urzeit ihre Entstehung aus den Trümmern schon bestehender und wieder zerstörter Felsarten verdanken, in der geschichtlichen Zeit aufgehört hat, so zeigen doch einige wenige Beispiele unverkennbar neuester Formationen dieser Art, daſs die hierbei thätigen Kräfte keineswegs aus der Natur geschwunden sind, sondern noch nach der Bewohnung der Erde durch Menschen thätig waren. Hierhin sind zu rechnen die Abdrücke von Menschen in den Felsen auf Guadaloupe. Die Eingeborenen nennen sie *Galibi*, womit ein Stamm der Caraiben bezeichnet wird, woraus neben andern Gründen sehr wahrscheinlich hervorgeht, daſs sie nicht alt sind, sondern von den benachbarten Caraiben herstammen, welche dort ihre Todten zu begraben pflegten[1]. Obgleich daher der Begriff keineswegs genau festgesetzt ist, wie alt die Reste einer früheren Thier- und Pflanzenwelt seyn müssen, um unter die Petrefacten gerechnet zu werden, so kann doch der bisher angenommene Satz, daſs es keine eigentliche Anthropolithen giebt, hiermit sehr gut bestehen; allein daſs die Bildung der Felsen noch jetzt fortdaure, geht unverkennbar hieraus hervor. Der Stein übrigens, worin sie sich befinden, ist nach v. Chamisso[2] ein Corallenfels von gleicher Beschaffenheit als derjenige, woraus die Südseeinseln bestehen. Incrustirte und in wirkliche, wenn gleich minder harte Steinmassen eingeschlossene Menschenknochen findet man übrigens viele. Dahin gehören auf Malta und Cephalonia[3] die, die bei Bilsingsleben in Kalk und am Ganges in Sand[4], die in England an mehreren Orten[5], die durch v. Schlottheim bei Köstriz[6] durch d'Hombres Firmas[7] und Marcel de Serres[8] bei Durfort gefundenen. Die bei Sommerset ausgegrabenen Knochen unbekannten Ursprungs wurden von einigen für Reste

1 König in Phil. Trans. 1814. p. 107. J. d. Ph. LXXIX. 196. G. LVIII. 198.

2 Kotzebue's Reise III. 31.

3 Thomson Ann. of Phil. 1816. Aug.

4 v. Leonhard cet. Propaedeutik d. Mineral. S. 230.

5 Buckland in Phil. Trans. 1822. I. 225.

6 Dessen Petrefactenkunde. Gotha 1820. S. 1.

7 Bibl. univ. XXIII. 277.

8 Ebend. XXIV. 11. J. d. P. XCII. 231. u. in Musée d'Hist. nat. VIIme Année p. 372.

ältester Menschenstämme gehalten [1], und ELSWORTH fand in der Gegend von Connecticut in dem dort weit verbreiteten rothen Sandsteine 23 F. unter der Oberfläche Knochen, welche leider zu sehr zerschlagen waren, aber dennoch von den Professoren der Medicin IVES und KNIGHT für Menschenknochen gehalten wurden [2].

Für eine Bildung der Felsen in der geschichtlichen Zeit zeugen ferner ganz unverkennbar die in Steinen eingeschlossen noch lebend gefundenen Thiere, über welche höchst unglaubliche Thatsache so viele unverdächtige Zeugnisse vorhanden sind, daſs sie unmöglich in Zweifel zu ziehen ist[3]. Aeltere Beispiele dieser Art erzählen LESSER in seiner Lithotheologie und FRANKEN [4], genau bezeugt ist das Auffinden einer lebenden Kröte im dichten Sandsteine eines Steinbruches in Schweden durch GRAEBERG [5]. Ferner sah WHISTON eine lebendige Kröte, welche ein Steinhauer in einem gespaltenen Marmorblocke auf der Insel Elp in einem Loche, etwas gröſser als sie selbst im dichten Gestein gefunden hatte, und MALPAS fand ein solches Thier in einem Quadersteine, in welchen keine Oeffnung ging [6]. MURHARD sah in einem Steinbruche bei Cassel, als ein groſser solider Stein gespalten wurde, in der Mitte desselben drei lebende Kröten in einer elliptischen, inwendig mit einer gelblich braunen Materie lackirten Höhlung beisammen liegen. In dem überall gleich harten Steine fand sich übrigens durchaus keine weitere Verbindung mit der äuſseren Luft. LICHTENBERG, welcher diese Beobachtung mittheilt [7], meint wohl nicht mit Unrecht, es sey zur Erhaltung dieser Thiere hauptsächlich die Einsaugung des Wassers durch die Haut erforderlich, indem sie dieses im reinen Zustande stets in einer kleinen Blase bei sich haben, und sie könnten dieses vielleicht zersetzen, um davon zu leben und sogar zu wachsen. Minder auffallend wegen der begleitenden Umstände ist, daſs GERHARD zu Padenborn in der Grafschaft Mansfeld eine lebende Kröte in einem

1 Bibl. Brit. XIV. 283.
2 Annals of Phil. XCV. 393.
3 Vergl. Treviranus Biologie. II. 11 ff.
4 Historie der Grafschaft Mansfeld. Leipz. 1723. I. 5. 3.
5 Schwed. Abh. III. 285.
6 Hamb. Mag. XVII. 5. S. 552 u. 54.
7 Vermischte Schriften Gött. 1804. II. 370.

Steine fand. Das Loch, worin sie safs, war glatt, und wenig gröfser als sie selbst, oben auf der Oberfläche des Erdbodens aber fand man ein 12 Lachter tief herabgehendes Loch, welches 13 Z. über ihrem Sitz aufhörte [1]. In Langedogen im Saalkreise fand man unter $\frac{1}{8}$ Lachter dicker Dammerde ein Lettenflötz von einigen Lachtern Mächtigkeit, in welchem 16 Z. unter der Oberfläche eine lebende Kröte so enge eingesperrt safs, dafs sie ihre Füfse nicht bewegen konnte. Ihre Augen waren hell, sie wurde in das Loch wieder eingesperrt, starb aber nach 8 Tagen [2]. Ulloa sah in einem von einem Bildhauer gespaltenen Marmorblocke zwei lebende Würmer und nach der Angabe von Tassoni fand man in einem gespaltenen Marmorblocke bei Tivoli einen lebendigen Krebs [3]. Le Cat [4] erzählt, dafs Peyssonel auf Guadaloupe einen lebenden Frosch in einem Felsen, und Le Prince zu Ecreteville einen Krebs auf gleiche Weise eingeschlossen fand. Scoolcraft berichtet, dafs die Arbeiter am Canal Evie zu Lockport in der Grafschaft Niagara in einem aus der Tiefe geförderten festen Steine eine Kröte fanden, welche an der Luft lebendig wurde, aber bald hernach starb [5]. Noch jüngstens fand ein Geistlicher zu Eden in Suffolk in einem Kreideberge zwei Salamander, welche mit Schleim überzogen waren, und nach dem Waschen sich bewegten, aber bald starben [6]. Wie lange diese und andere, auf gleiche Weise gefundene Thiere [7] diesen Wohnort inne gehabt haben mögen, läfst sich nicht nachweisen, inzwischen sind sie gewifs nicht voradamitisch, und beweisen daher evident die noch in neueren Zeiten geschehende Bildung von Felsen.

1 Mém. de l'Acad. de Prusse. 1782. p. 13.

2 Voigt Mag. 1 St. 4. S. 35.

3 J. d. Ph. 1817. S. 308. An eigentlichen Marmor, welcher zu den ältesten Felsarten gehört, ist weder hier noch im oberen Falle zu denken, vielmehr an jüngeren Kalksinterstein.

4 Dissert. sur les animaux vivans dans les pierres.

5 J. de Ph. XCV. 469. Edinb. Phil. Journ. Nr. XVI. p. 403. Aus Silliman's Journ. entnommen. In jener Gegend ist Kalkstein vorherrschend.

6 Phil. Mag. 1816. Dec.

7 Die durch Hubert in einer gesunden, mannsdicken Ulme, und durch Saignes zu Nantes in einer Buche gefundenen Kröten nach Hist. de l'Acad. de Par. 1719 u. 1731 u. a. gehören hier nicht her, beweisen aber, dafs solche Thiere sehr lange in eingeschlossenen Räumen leben können.

Auch Ueberreste menschlicher Kunstwerke sind in Felsarten eingeschlossen gefunden, und beweisen also eine Bildung von jenen nach derjenigen Zeit, in welcher die Erde schon von Menschen bewohnt wurde. Nach de Lascour [1] fanden Steinhauer zu Auch im Departement du Gers zufällig ein regelmäſsig gearbeitetes, ohne Zweifel als Maſsstab gebrauchtes Stück Kupfer, 13 Lin. lang, 2 Lin. hoch und 2 Lin. breit, welches 5 Meter tief in einem Kalkfelsen lag. Der Felsen war ganz und ohne Spur einer Oeffnung oder eines neueren Ursprungs, aber unreiner Kalkstein. Die Mächtigkeit desselben betrug 4 Meter, über ihm lag 1 Meter zerreiblicher Kalkstein und 2 Met. Dammerde, so daſs das gefundene Kupfer im Ganzen 5 Met. tief von oben herab gerechnet, gefunden wurde. Nach de la Metherie [2] wurden zu Doué unter mehreren Versteinerungen einige steinerne Beile gefunden, welche genau denjenigen glichen, deren sich die Wilden in America bedienen, und Bürtin [3] redet von ähnlichen, welche sich 19 F. tief unter Versteinerungen fanden. Das merkwürdigste, mit allen Umständen angegebene und glaubhaft constatirte Beispiel dieser Art erzählt aber Bournon [4] nach einer vom Chevalier de Sades ihm mitgetheilten Nachricht, welche allerdings eine Aufbewahrung verdient. Im Jahre 1786 bis 88 beschäftigte man sich zu Aix in Provence mit dem Aufbaue des Gerichtshauses, und nahm die Steine dazu aus einem benachbarten Hügel. Diese lagen schichtenweise, waren hellgrau und von der Art, daſs sie weich gebrochen wurden und sich dann an der Luft erhärteten. Die Schichten waren durch eine Lage Kalk- und Thon-haltigen Sand getrennt. Die ersten 10 Schichten zeigten nichts auffallendes, aber die 11te war von der folgenden durch Muscheln getrennt. Als der Sand von der 12ten weggeschafft wurde, fand man Stücke von gehauenen Säulen und unvollständig behauene Steine von der nämlichen Art als die oberen waren, auſserdem aber Winkelmaſse, Hammerstiele und sonstige hölzerne Geräthe. Am auffallendsten war ein Brett, 7 bis 8 Fuſs lang, ohngefähr 1 Z. dick und in mehrere Stücke zerbrochen, jedoch ohne daſs eins derselben

1 J. de Ph. XCI. 140.
2 Ebend. LX. 89.
3 Orographie de Bruxelles.
4 Traité de Mineralogie. II. 402.

fehlte, zusammengesetzt aber bildete dasselbe genau ein Richtscheid, wie es die Maurer unter die Setzwaage zu stellen pflegen, auch eben so usirt, als diese durch den Gebrauch werden. Der Chevalier de Sades nahm die Sache selbst in Augenschein, fand die Steine unverändert, aber alles Holz in gut gefärbten Achat verwandelt; alles lag 50 F. unter der Oberfläche. Endlich erzählt auch v. Strombeck [1] folgende von ihm gemachte Beobachtung: „Als ich 1816 bei Osterwald Kohlenstücke zerschlug, so fiel aus einem grofsen zerschlagenen Stücke ein uralter, gänzlich verrosteter, mit einer aus Bitumen und Eisenoxyd bestehenden Kruste zum Theil überzogener eiserner Spitzhammer. In dem Loche, worin ehemals der Stiel befestigt, befanden sich glänzende Kohlentheile, die auch hin und wieder, obwohl in sehr kleinen Stücken, an dem Hammer zwischen dem Eisenoxyde haften. Die Kohle, in welcher der Hammer steckte, war gänzlich durch den Schlag zersprengt, und rührte aus einem 60 bis 80 Lachter tiefem Flötze her." Minder beweisend für den aufgestellten Satz ist die Thatsache, dafs 1782 bei Reckelsum im Münsterschen 20 Goldstücke aus dem 14ten Jahrhunderte in einem zerschlagenen Kieselsteine gefunden wurden [2], und noch jüngstens 1812 silberne Münzen in einem kieselhaltigen Steine, wovon die jüngsten aus dem 16ten Jahrhunderte waren [3].

2. Es kann nicht fraglich seyn, woher das Material zu den neu gebildeten steinigen oder felsigen Lagerungen gekommen sey, denn die atmosphärische Luft und Feuchtigkeit hat von jeher die freistehenden Felsen aufgelöset, wovon dann die Bruchstücke durch ihr eigenes Gewicht herabrollen, durch des Wasser weggeschwemmt werden und die Niederungen ausfüllen, so dafs nicht nur neue Lagerungen dort gebildet werden, sondern auch die Berghöhen fortwährend abnehmen müssen, und der Erdball allmälig eine ebenere Oberfläche annehmen wird. Zwar werden die Berge durch die Vegetation hiegegen geschützt, auf der andern Seite aber bewirken die Gewächse eine Auflösung der Felsen, indem sie die Oberfläche länger feucht

1 Anm. zur deutsch. Uebers. von Breislak Instit. Geol. T. II. S. 511.

2 Lichtenberg Mag. III. 177.

3 Journal des Mines. Nr. 23.

erhalten, und ihre Wurzeln in die feinsten Risse eindringen. Die Sache ist im Allgemeinen so bekannt, und man sieht von hohen Bergen grofse Felsmassen zuweilen stündlich herabrollen und unermefsliche Mengen von Sand, Steinen und Schlamm durch die Flüsse zusammengeschlemmt, dafs es völlig genügt, nur die aufgeschwemmten Gebirge, die an manchen Orten in grofsen Massen aufgehäuften Hügel von Steinen und Erde, so wie insbesondere viele sichtbar durch die Bergwässer ausgespülten Thäler zu erwähnen, um die Bedeutsamkeit des genannten Mittels zu beurkunden [1].

3. Ungleich geringer, obgleich an sich nicht unbedeutend, sind diejenigen Veränderungen der Erdoberfläche, welche der Wind durch *Wegnahme* und *Fortführung* des *Sandes* anrichtet. In der Urzeit scheinen grofse Länderstrecken, welche wir jetzt mit Sand bedeckt finden, einen flachen Meeresgrund gebildet zu haben, ohne dafs sich die Zeit bestimmen läfst, wann sie trokken wurden. Manche derselben blieben ohne Zweifel noch später als Binnenseen unter Wasser, und wo diese, oder die zuweilen erst später entstehenden Sümpfe vertrocknen, werden weite Ebenen gebildet, wie am Caspischen Meere, am Aral u. a. [2]. Hindert die Salzigkeit des Bodens den Wachsthum der Bäume nicht, so bilden sich dann Wälder, diese ziehen die Feuchtigkeit der Atmosphäre an und veranlassen Regen, wodurch eine gewisse dauernde Fruchtbarkeit erhalten wird; werden aber diese durch den Einflufs der Winde auf ihre äufsersten Enden oder durch andere Ursachen ausgerottet, so geht eine öde Sandwüste hervor. Kein Welttheil zeigt dieses so auffallend und auf eine so eigenthümliche Weise als Africa, welches zum grofsen Theile mit tiefem Sande bedeckt ist, in dessen weiten Strecken die einzelnen *Oasen* [3] sich so lange erhalten, bis der Flugsand auch sie zu hoch überdeckt, oder mangelnder Regen das zu ihrer Existenz erforderliche Wasser nicht mehr liefert, wie dieses namentlich bei einzelnen schon bewohnten Districten am Cap in den neuesten Zeiten nach Lichtenstein's Erzählung

1 L. Bertrand Renouvellemens périodiques des continens terrestres. Paris an VII. 8. Vrgl. d'Aubuisson Traité de Géognos. I. 128 u. 224.

2 S. Falk topographische Beiträge u. s. w. I. 250.

3 Vrgl. Th. III. S. 1124.

der Fall war [1]. Der in manchen solchen wüsten Gegenden 300 und mehrere Fuſs tiefe Sand besteht gröſstentheils aus dem bekannten feinen Meeressande, oder Flugsande aus gröberem Kiessande, und ersterer ist es besonders, welcher vom Winde fortgetrieben unglaubliche Verheerungen, namentlich in Africa, Asien und in geringem Umfange selbst in Europa, anrichtete. Am furchtbarsten sind diese Wirkungen in Mittelafrica, fallen aber dort weniger auf, weil der ganze District ohnehin unbewohnbar ist, am nachtheiligsten äuſsern sie sich aber von der libyschen Wüste aus nach Aegypten hin, wo der Sand dem Nile stets näher rückt, und in der Provinz Gizeh schon bis auf eine halbe Meile von seinem Ufer vorgedrungen ist. Hierdurch sind die früher vereinten Natronseen jetzt in 6 Abtheilungen getrennt, die groſse und kleine Oase, welche zu Herodot's Zeiten noch zusammenhingen, waren 450 Jahre später nach Strabo's Beschreibung schon getrennt, die groſse ist jetzt kleiner und die kleine liegt jetzt vom See Moeris entfernt, an den sie früher grenzte; der Tempel von Thebae steckt 20 F. tief im Sande, und der berühmte, jetzt halb verschüttete Sphinx-Coloſs, dessen schwarzes Haupt über das Mumienfeld hervorragt, gilt bei den Arabern für einen Talisman, welcher das von Westen vorrückende Sandmeer stets beschwört, nicht weiter nach Osten vorzudringen. Denon unter andern erzählt, daſs man noch viele Spitzen der Ruinen alter Städte aus dem Sande hervorragen sieht, wobei es einen melancholischen Anblick gewährt, über früher bewohnte Ortschaften zu wandeln, welche vom Sande verschlungen sind; und die Verheerung würde noch stärker seyn, wenn nicht die westliche Seite Aegyptens durch einen dem Niele parallel laufenden Bergzug gegen die Invasionen des Sandes geschützt wäre. Auf gleiche Weise wird der Sand des Meeres von Barca am Nil-Delta an bis nach Syrien landeinwärts getrieben, die Palmbäume am Ufer werden stets mehr begraben, und man sieht ihre dürren Reiser, so wie von Cairo bis Syrien die Spitzen der verödeten Wohnungen einzeln aus dem Sande hervorragen [2]. Aehnliche Ueberschüttungen durch den Sand findet man in Beludschistan, Afghanistan

1 S. Ritter's Erdkunde 1ste Aufl. II. 107.

2 S. De Lüc in Mercure de France. 1807. Sept. Vorzügl. Ritter's Erdkunde I. 389.

und andern asiatischen Wüsten [1]. In Europa ist hauptsächlich Niederbretagne bei St. Paul de Leon wegen der Eroberungen des Sandes bekannt, indem er daselbst einen District von mehr als 6 Lieues bis 20 F. hoch so überschüttet hat, daſs an manchen Stellen nur noch Schornsteine und Thurmspitzen hervorragen, und der Stadt selbst gefährlich zu werden drohet [2]. Auch in Irland findet man ähnliche Erscheinungen [3], und der Erfahrung nach, soll der Sand zuweilen bis 6 Meilen weit durch den Sturm fortgeführt werden [4].

4. Höchst auffallende, von vielen Reisenden und den Lesern ihrer Berichte bewunderte, und fast unglaubliche Erzeugnisse auf der Erdoberfläche sind die *Corallenfelsen*, welche die Madreporen in erstaunlicher Menge aufführen. Insbesondere ist die Südsee mit ihren zahlreichen Inseln ein Schauplatz der Wirksamkeit dieser kleinen Thiere, indem sie theils die Küsten schon bestehender Inseln vergröſsern und Hafenmündungen verbauen, theils neue Inseln vom Grunde des Meeres an aufführen und bis über die Oberfläche desselben fortsetzen. Solche einzelne Inseln findet man daselbst in Menge, welche zuweilen, wie Schwämme, aus einem dünneren Stiele und einem oben sich ausbreitenden Hute bestehen. Alle Reisenden in jenen Gewässern reden mit Bewunderung von den unglaublichen Werken dieser kleinen Thierchen, und es sey erlaubt, nur einige wenige Zeugnisse derselben beizubringen. Peron [5] erzählt von dem, was er bei Timor sah: „Das ganze Gestade war von Madreporen gebildet, alle Felsen, auf denen man trocknen Fuſses ging, waren belebt, beseelt, und erschienen unter so vielen sonderbaren und seltsamen Gestalten, mit so mannigfaltigen, so reichen und so reinen Farben, daſs die Augen davon geblendet wurden. Diese Thierchen spielen die Hauptrolle bei der Versperrung des Hafens von Babâö, sie erzeugen die riesenhaften Felsmassen, hart wie Marmor, welche die kleinen Inseln dieser Bay bilden, und sich durch dieselben Ursachen, aus welchen

1 S. Elphinstone's Cabul. S. 492.

2 Hist. de l'Acad. 1722.

3 S. Einleitung in die Geologie und Mineralgeographie von England. Von R. Bakewel. Uebers. von Müller Freyb. 1819. 8. S. 143.

4 Mém. de l'Acad. 1719.

5 Reisen d. Ueb. I. 122.

sie zuerst entstanden sind, täglich weiter ausbreiten. Mitten in den Bergen des Innern von Timor, in dem tiefen Schofse der Thäler und Ströme, überall findet man die Ueberbleibsel dieser erstaunlichen Thiere, ohne dafs die Einbildungskraft begreifen kann, durch welche Mittel die Natur diese grofsen madreporischen Ebenen so hoch über die gegenwärtige Fläche der Meere hat emporheben können [1]. Eine genaue Beschreibung der Entstehung der neuesten Madreporeninseln in der Südsee haben die Naturforscher geliefert, welche Kotzebue auf seiner Reise in jene Gegenden begleiteten [2]. Die Madreporeninseln sind an einigen Stellen sehr zahlreich, an andern aber finden sie sich gar nicht, woraus sich schliefsen läfst, dafs sie nur auf erhöhetem Meeresgrunde bauen. Sie führen ihre Gebäude theils in die Höhe auf, theils vermehren sie den Umfang. Die grofsen Madreporen, welche die grofsen Blöcke bilden, lieben die Brandung und können die ausgeworfenen Muschelschalen nicht dulden, halten sich daher zunächst an die Brandung, wefswegen die Aufsenseiten der Riffe zuerst empor kommen. Sind diese so hoch, dafs die Felsen bei niedriger Ebbe fast trocken werden, so hören sie auf zu bauen, es vereinigen sich Muschelschalen, Schnecken, Seeigelstacheln und der Sand, welcher durch Zerreibung derselben entstanden ist, zu einem festen Gesteine, welches durch neue Materialien dieser Art zunimmt, bis nur die höchsten Fluthen das Gebilde überdecken. Die Sonnenstrahlen spalten solche Steine und die Wellen thürmen mehrere derselben über einander, die Brandung wirft Corallenblöcke, oft 6 F. lang und 3 F. dick hinauf, der Sand wird allmälig fest und nimmt die zugeführten vegetabilischen Stoffe auf, es finden sich Vögel ein, welche zur Bildung einer Decke von Dammerde beitragen, und zuletzt wird die neue Insel ein Wohnsitz der Menschen.

Solche Inseln stehen zuweilen allein, meistens aber bilden sie einen länglichten Kreis, welcher aus mehreren, ja bis 60 solcher kleinen Inseln besteht [3]. Diese, durch gröfsere und

1 Nach Mac. Culloch sind sie durch vulcanische Kräfte gehoben, welches kaum glaublich ist. S. J. de Ph. XCVI. 102.

2 Kotzebue's Reise. III. 187.

3 In der angezeigten Reise Kotzebue's sind einige solche Inselgruppen, z. B. Radak, sehr genau gezeichnet.

kleinere Zwischenräume getrennt, bilden eine Art von Kranz, und schliefsen einen See in sich, meistens nur 30 bis 35 Faden tief, in welchen hineinzukommen oft gefährlich ist. Die dem Winde am meisten ausgesetzten Seiten werden am ersten gehoben; im eingeschlossenen Wasser finden sich eine Menge kleine, die Ruhe liebende Corallenthiere ein, bauen langsam weiter, und füllen zuletzt den innern See ganz aus. Diese inneren Flächen bleiben stets etwas niedriger, und in ihnen sammelt sich das sonst gänzlich fehlende Trinkwasser durch den Regen, wie in Cisternen. Solche Inseln sind oft schon bewohnt, ehe der Kreis vollständig geschlossen ist, zuweilen aber werden sie auch später noch bei sehr starken Stürmen durch das Meer überschwemmt.

5. *Eisfelder* und *Gletscher* schützen zwar den unter ihnen befindlichen Boden gegen manche anderweitige Zerstörungen, allein theils zerreiben sie die härtesten Felsen bei ihrem Herabsinken [1], theils stürzen oft Theile derselben herab, und richten zuweilen nicht ganz unmerkliche Verheerungen an. Wenn man einige Vorstellung von der unermefslichen Eismassen der Gletscher hat, so kann man sich leicht denken, welche örtliche Verheerungen ein auch nur kleiner Theil derselben durch sein Herabstürzen aus oft unglaublichen Höhen anrichten mufs; indefs möge wenigstens ein, durch verschiedene damit zusammenhängende Beobachtungen interessanter Fall hier erzählt werden. Die äufserste Spitze des Randa-Gletschers, das Weifshorn genannt, liegt etwa 9000 F. über dem Dorfe Randa an der Visp in der Schweiz. Am 27sten Dec. 1819 Morgens gegen 6 Uhr stürzte die Spitze desselben mit donnerähnlichem Getöse auf die unteren Gletscher, wobei man ein Leuchten bemerkt haben wollte [2], und so über das darunter liegende Dorf, welches nicht von den Eismassen selbst getroffen, wohl aber durch den entstandenen Sturmwind zerstört wurde. Gilbert berechnet die Endgeschwindigkeit der fallenden Masse zu 740 F. in 1 Sec., und eine gleiche Geschwindigkeit hätte also theils die unter dem Eise comprimirte Luft, theils die mit demselben von oben herab bewegte und nachströmende erhalten müssen, wenn diese nicht

1 Vrgl. *Eis.* Th. III. S. 139.

2 Gilbert Ann. LXIV. 216 hält dieses Leuchten für eine Folge der comprimirten Luft, nicht der Phosphorescenz des Eises.

durch mehrfache Bedingungen bedeutend vermindert wäre. Jene Geschwindigkeit würde aber der mittleren einer Flintenkugel nahe kommen, und man kann daher auch bei bedeutender Verminderung derselben leicht erklären, daſs sie die des heftigsten Sturmes leicht übertreffen konnte. Wirklich war der plötzliche Windstoſs so heftig, daſs er Mühlsteine mehrere Lachter weit warf, und bis auf groſse Entfernung die stärksten Lerchenbäume mit der Wurzel ausriſs. Eisblöcke von 4 Cub. F. Inhalt, wurden eine halbe Stunde weit über das Dorf hinausgeschleudert, die Spitze des steinernen Kirchthurms herabgeworfen, Häuser bis auf die Keller abgerissen, der herabgestürzte Schutt bedeckte die unter dem Dorfe liegenden Länder und Wiesen in einer Länge von 2400 F., 1000 F. breit und im Mittel wenigstens 150 F. hoch, und die ganze Masse betrug 360 Millionen Cub. F. Ein ähnlicher Sturz fand schon 1636 statt, wobei 36 Menschen umkamen, kleinere ereigneten sich 1736 und 1786, ja der gröſste Theil des überhängenden, seiner Stütze beraubten Gletschers zeigte gleich anfangs Spalten und drohete den Einsturz, ohne daſs bis jetzt davon etwas bekannt geworden ist [1].

Island ist weniger bebauet und bevölkert als die Schweiz, und daher wirken die Gletscher weniger Schaden bringend für die Menschen, an sich aber sind sie gleich interessant als die Schweizergletscher, und die dortigen Eisberge (*Yökuls*) erhalten durch ihre Verbindung mit den Vulcanen noch einen besonders auffallenden Charakter. Der gröſste daselbst ist der Klofa-Yökul, welcher mit mehreren vereinten Bergen eine Fläche von 3000 engl. Quadratmeilen bildet. Das Eis der groſsen Yökuls berstet oft durch die groſse Hitze der Vulcane, schmelzt und erzeugt verheerende Ueberschwemmungen, wodurch ungeheure Eismassen fortgeschwemmt werden, die sich dann anderswo wieder lagern. Einer der gröſsten, der Breidamark-Yökul rückt in der letzteren Zeit so weit vor, indem er auch in wärmeren Sommern nicht wieder zurückweicht, daſs er bald das Meer erreichen, und die Communication zwischen dem südlichen und östlichen Theile der Insel auf dem Wege an der Küste sperren wird. Von 1772 bis 1814 war er 4 engl. Meilen vorgerückt.

1 G. LXIV. 216. Bibl. univ. XIII. 150. Vergl. Gruner die Eisberge d. Schweizerlandes beschrieben. Bern 1760. III Vol. 8. Bourrit Voyage pittoresque aux glaciers de Savoye. II. 14.

Das Vorrücken der Eisberge auf Island und in Norwegen ist eine dort sehr allgemeine bekannte Sache, aber auffallend ist, daſs man auch ein Zurückweichen ihrer ganzen Massen, und zwar beides im periodischen Wechsel bemerkt haben will, so daſs man dort von den beweglichen oder schwankenden Yökuls redet, und Erklärungen für dieses seltsame Phänomen sucht, da zwar das Vorrücken leicht erklärbar ist [1], das Zurückweichen aber kaum vorstellbar seyn würde, wenn man es nicht für ein Abschmelzen der äuſsersten Ränder halten wollte. Beim Vorrükken soll das Eis Spalten bis zu mehreren tausend Fuſs Tiefe erhalten, diese aber sich wieder vereinigen, so daſs sie nicht mehr sichtbar sind, wenn die Eismasse in ihre ursprüngliche Lage wieder zurückkehrt (?). Beim Vorrücken hat das Eis so viele Kraft, daſs es Felsen, wie Häuser groſs, vor sich herschiebt, und zuweilen zermalmt, wenn sie gegen Berge gedrückt werden [2]. Zuweilen führen die Eisfelder, wenn sie sich erheben und fortrücken, Felsblöcke von mehreren Tonnen an Gewicht eingeschlossen mit sich fort [3].

6. *Bergstürze, Bergschliffe,* das Herabfallen oder Herabgleiten eines Theiles von einem über das Thal hervorragenden Berge, werden gleichfalls als Mittel zur Veränderung der Erdoberfläche angegeben, wenn sie gleich unter die geringeren gehören. Diese, für einzelne Orte oft sehr nachtheiligen Begebenheiten werden in der Regel dadurch veranlaſst, daſs entweder ein Theil der herüberragenden Felsen einen Riſs erhält, welcher neu entstanden oder auch ursprünglich vorhanden gewesen und ausgewaschen seyn kann, worin sich Wasser sammelt, im Winter gefriert, und durch die Ausdehnung des Eises die Spalte gröſser und tiefer macht, bis die ohnehin überhängende, zuweilen auch ihrer Stütze durch Verwittern der unteren Felsen beraubte Masse herabstürzt, oder dadurch, daſs eine weichere Unterlage, meistens eine Schicht Lehm oder Letten, durch eindringendes Wasser allmälig weggewaschen wird, bis die darauf liegen-

1 S. Th. III. S. 139.

2 Dav. Cranz Historie von Grönland. m. K. Barby. 1765. 8. Bomare Nat. Hist. Kiöb. 1769. IV. 60 ff. Ebenezer Henderson Island u. s. w. A. d. Engl. von Franceson. Berl. 1820 u. 21. II T. 8. G. LX. 331. LXIV. 189 u. v. a.

3 Edinb. Encyclop. XIII. 426.

den Schichten auf der geneigten und von Natur glatten Fläche herabgleiten. Als Erscheinungen dieser Art werden erwähnt das 1618 erfolgte Herabfallen einer Felsenwand des Berges Corto auf den Marktflecken Plürs in Graubünden und das Dorf Scilano, das 1714 geschehene Herabstürzen eines Theiles des Berges Diableret, wobei die Ruinen sich über eine franz. Meile verbreiteten und die Trümmer an einigen Orten sich zu 30 Lachtern anhäuften[1], und der von Donati[2] beschriebene Bergsturz zu Sallenches in Savoyen im Jahre 1751. In den neuesten Zeiten sind am bekanntesten geworden: 1806 der Sturz eines 1000 F. breiten und 600 F. tiefen Theiles vom Rofsberge, wobei allein 484 Menschen erschlagen und weit mehr beschädigt wurden[3], das Herabgleiten des Dorfes Stron in Böhmen[4], eines Theiles vom Berge Kreuzkofel im Pusterthale, wodurch ein Damm von 160 Wiener Klaftern Breite gebildet wurde[5], u. v. a., welche einzeln in geologischer Hinsicht unbedeutend sind, und nur durch öftere Wiederkehr merkliche Veränderungen anrichten können. Uebrigens soll diese Erscheinung im nördlichen Theile von Island, wo sie *Skrida* genannt wird, gleichfalls sehr häufig vorkommen[6], und überhaupt sind bergigte Gegenden hauptsächlich die Ufer tief ausgewaschener Flufsthäler, ihr am meisten ausgesetzt, wie unter andern Escher in seiner lehrreichen Beschreibung der Bergschliffe im Nolla-Thale bei Thusis und am Batzokelberge ob Chur nachweiset[7].

7. Der Vollständigkeit wegen mögen die, in geologischer Hinsicht unbedeutenden, obgleich nicht uninteressanten *Einsinkungen* gröfserer oder kleinerer Erdstrecken gleichfalls kurz erwähnt werden, welche meistens dann erfolgen, wenn unter der obersten Erdkruste ein Lager von weichem Erdreich allmälig weggewaschen ist. Zuweilen mögen auch blasenartige Decken,

1 Hist. de l'Acad. 1715.

2 De la Metherie Theorie d. Erde. D. Ueb. von Eschenbach. Leipz. 1797. II. 255.

3 Th. de Saussüre in J. de Ph. LXIV. 154. M. Cor. XV. 533.

4 G. LXIV. 432.

5 Frankf. Zeit. 1821. Oct.

6 Henderson Island I. 149.

7 v. Leonhard Taschenb. für die ges. Mineralogie. Jahrg. XV. 1821. S. 631.

welche früher durch vulcanische Kräfte gehoben wurden, oder hohl liegende Lava-Schichten auf diese Weise einsinken, wofür wenigstens der Umstand zeugt, dafs solche Einsinkungen in Italien so häufig sind. Die einsinkenden Schichten senken sich meistens langsam und mit Beibehaltung ihrer horizontalen Lage, zuweilen zerbrechen sie und die einzelnen Theile senken sich in kurz auf einander folgenden Zeiten, wobei sie dann unordentlich übereinander fallen, oft sind und bleiben die entstandenen Vertiefungen trocken, in manchen Fällen bilden sie aber einen See, und manche Erzählungen, von versunkenen Oertern an Stellen, wo jetzt Landseen vorhanden sind, mögen solchen Phänomenen ihren Ursprung verdanken [1]. Als Beispiele können angeführt werden das Versinken der Dörfer Mollingham bei Kent im Jahre 1585, und Westram [2] i. J. 1595, des Dorfes Pardines [3] in der Auvergne 1733, eines Berges bei Bregenz 1737, des Monte Piano [4] im Neapolitanischen 1760, eines Edelhofes bei Friedrichshall in Norwegen und 1785 eines Waldes Jarmanidiec in Podolien [5]. Als im Jahr 1789 bei Recoaro im Vicentinischen Gebiete an verschiedenen Stellen beträchtliche Spalten und Einsenkungen entstanden, ging ein weithin hörbares, donnerähnliches Getöse voran, und es kamen an mehreren Stellen Bäume und Steine zum Vorschein, welche deutlich zeigten, dafs ebendaselbst schon früher eine ähnliche Katastrophe stattgefunden haben mufste [6]. Unter die merkwürdigsten Erdfälle gehört derjenige, welcher sich 1801 bei Madonna della Vigne Piane unweit Arpino in Neapolitanischen ereignete, und von mehreren Personen beobachtet wurde. Das Einsinken erfolgte theilweise, jedoch sank einmal ein Strich Landes von 200 Morgen, welcher theils mit Waldung theils mit Olivenbäumen besetzt war, in die Tiefe. Der Boden hob sich anfangs 10 bis 15 Klafter, und sank darauf mit donnerähnlichem Getöse hinab. Unter andern wurde ein Landhaus des D. Emilio di Vito auf diese Weise ganz von der Erde verschlungen, denn selbst von

1 Vergl. G. LXXVI. 69.
2 Phil. Trans. abr. VI. 185.
3 Phil. Trans. 1733. N. 455. p. 272.
4 Kant phys. Geogr. Hamb. 1817. II. 92.
5 Lichtenb. Mag. III. 99.
6 Ebend. VII. I. 125.

den höchsten Bäumen sah man nachher nicht einmal die Gipfel; die Bewohner der Gegend entflohen indefs, weil sie die Bewegung merkten [1]. Aehnliche Erscheinungen in den verschiedensten Gegenden liefsen sich noch mehrere anführen. Auch einige Inseln sollen ohne Spuren von Erdbeben oder vulcanischen Wirkungen untergegangen seyn, z. B. 1758 die Insel Pontico bei Negroponte nebst einigen kleinen benachbarten, 1763 die Insel Banda necra, 5 Meil. im Umkreise haltend [2], desgleichen die neuen Goubermann's-Inseln zwischen Patrixfiörd und Cap Nord [3], u. a. m.

8. Bei weitem die beiden mächtigsten Kräfte, welche die Oberfläche der Erde verändert haben, sind das *vulcanische Feuer* und das *Wasser*. Die vulcanischen Wirkungen haben, nach dem, was oben schon beigebracht ist, ohne Zweifel hauptsächlich in älteren Zeiten die bedeutendsten Veränderungen der Erde verursacht, und dauern noch jetzt, jedoch wohl mit minderem Effecte fort; weil sie aber von der Untersuchung der Vulcane im Allgemeinen nicht füglich getrennt werden können, so verspare ich sie für diesen Artikel, und will hier nur das Wesentlichste von denjenigen Veränderungen beibringen, welche die Erde durch die Wirkungen des Wassers erlitten hat. Hierbei kann nicht die Rede seyn von dem stets dauernden Einflusse des Regen- und Schneewassers, welche schon unter 2 berührt sind, auch übergehe ich die Verheerungen durch Ueberschwemmungen der Flüsse und Ströme, wovon im Artikel *Strom* die Rede seyn wird, sondern beschränke mich auf die Eroberungen, welche das Meer gemacht und erlitten hat [4]. In dieser Hinsicht bieten sich eine Menge Erscheinungen dar, welche theils aus

1 Wismeyer Ephemeriden d. Ital. Lit. für Deutschl. Ht. 2. Daraus in Voigt's Mag. III. 593.

2 Bergmann phys. Erdb. 3te Aufl. II. 143 u. 152. Lulof's Einleit. übers. von Kästner. S. 151.

3 Pennant's Thiergeschichte der nördlichen Polarländer. II. 60.

4 Es existirt über diesen Gegenstand ein sehr vollständiges, gehaltreiches Werk: Geschichte der durch Ueberlieferung nachgewiesenen natürlichen Veränderungen d. Erdoberfläche. Von K. E. A. v. Hoff. I. Theil. Gotha 1822. 8. Dieser erste Th. enthält diejenigen Veränderungen, welche das Meer angerichtet und erlitten hat, und ich folge ihm in den wesentlichsten Puncten ohne einzelne Angabe der daselbst benutzten Quellen.

unverkennbaren Thatsachen mit grofser Wahrscheinlichkeit geschlossen, theils auf geschichtlichem Wege bestimmt nachgewiesen werden können; und da dieser ganze, an sich höchst interessante Gegenstand hier hauptsächlich nur aus dem physikalischen Gesichtspuncte aufzufassen ist, die dabei wirkenden physischen Kräfte aber sehr einfach sind, so beschränke ich mich blofs auf einige Hauptsachen.

Diejenige Frage, welche hierbei zuerst als die wichtigste zur Untersuchung kommt, betrifft die vielfach ventilirte allgemeine Abnahme des Meeres oder die Erniedrigung des Meeresspiegels im Allgemeinen, weil diese, wenn sie erwiesen werden könnte, mehreren der oben erwähnten, wo nicht allen geologischen Theorieen zur wesentlichen Unterstützung dienen würde. Sie bleibt indefs dem Art. *Meer* vorbehalten. Die zunächst sich hieran schliefsende zweite Frage betrifft das Entstehen und Untergehen ganzer Länder und gröfserer Inseln, gleichfalls in Beziehung auf das Meer. Rücksichtlich jenes ersteren Theils der Frage ist sie leicht zu beantworten. Wenn nämlich die schon erwähnten Erzeugnisse der Madreporen und diejenigen Eroberungen ausgeschlossen werden, welche das Land dem Meere abgewinnt, endlich auch die wenigen, durch vulcanische Kräfte im Meere erhobenen Inseln [1], so läfst sich eine Erhebung gröfserer Erdtheile aus dem Meere auf keine Weise auch nur mit triftigen Wahrscheinlichkeitsgründen unterstützen, und alles, was man in dieser Hinsicht anzunehmen geneigt war, verliert sich in das Gebiet der nicht selten höchst unwahrscheinlichen Hypothesen [2]. Ungleich weniger ist dieses der Fall rücksichtlich des Unterganges von Ländern und Inseln. Eben so wohl nämlich, als es Erdfälle giebt, können auch gleiche oder noch gröfsere Senkungen von Inseln oder Küsten sich ereignen, und dadurch beide im Meere untergehen. Aufserdem aber giebt es verschiedene Nachrichten von früher gesehenen und jetzt nicht mehr vorhandenen Inseln; allein wenn man die sicher begründeten Thatsachen von allmälig weggespülten Inseln und Küsten abrechnet, so läfst sich ein wirkliches Versinken gröfserer Küsten und Inseln überall nicht mit Gewifsheit nachweisen. Am bekanntesten ist die Sage von einem früheren Vorhandenseyn

1 S. *Vulcane.*

2 Vergl. oben B. Nr. 10.

einer Insel *Atlantis*. Ursprünglich will Plato[1] von der Existenz dieser grofsen Insel in Aegypten Nachricht erhalten haben, und nach ihm haben viele ältere sowohl, als auch neuere Schriftsteller das ehemalige Vorhandenseyn derselben aus historischen oder physikalischen Gründen nachzuweisen versucht. Die meisten glauben in den Canarischen Inseln die Reste derselben zu entdecken, v. Hoff[2] aber zeigt mit überwiegenden Gründen, dafs die ganze Sage in das Gebiet der Fabeln gehört, und auf keine Weise historisch begründet werden kann, indem die Canarischen Inseln nach v. Humboldt und Leop. v. Buch vielmehr neueren, u. z. vulcanischen Ursprungs zu seyn scheinen. Uebrigens ist wohl nicht zu bezweifeln, dafs vulcanische Hebungen sehr füglich von Einsinkungen benachbarter Theile begleitet seyn können[3], und so liefse sich eine ehemalige Existenz einer gröfseren Insel in der Gegend der, vulcanischen Veränderungen so sehr ausgesetzten, Canarischen Inseln aus physikalischen Gründen nicht wohl widerlegen, wenn die historischen Beweise wichtiger wären. Inzwischen wird Plato's Nachricht durch keinen historischen Grund unterstützt, aufser, was allerdings merkwürdig ist, dafs die Urbewohner der Canarien, die *Guanchen*, die Sitte des Einbalsamirens hatten, was sehr bestimmt auf eine Verbindung mit Aegypten hindeutet. Noch ungleich weniger historischen Grund hat die in der Mitte des 16ten Jahrhunderts verbreitete Nachricht von der Existenz der Insel Friesland, welche südwestlich unter Island liegend durch die Gebrüder Nicolo und Antonio Zeni von Venedig im Jahre 1390 entdeckt seyn soll, und ist vielmehr ganz in das Gebiet der Dichtungen zu verweisen, wie v. Hoff[4] mit überwiegenden Gründen gezeigt hat. Alle übrige Nachrichten von Inseln, welche man früher gesehen haben will, und für untergegangen hält, weil man sie jetzt nicht mehr findet, sind zu unsicher, als dafs es sich der Mühe lohnte, die Sache weiter zu prüfen, da die meisten gewifs auf Irrthümern und falschen Ortsbestimmungen beruhen.

Ganz anders verhält es sich mit den Vergröfserungen des

1 Im Timaeus und Kritias.
2 a. a. O. S. 177.
3 Vergl. *Vulcane*.
4 a. a. O. S. 186.

Meeres durch Zerstörung der von ihm bespülten Küsten, weſswegen diese auch stets ihre Form ändern, wenn nicht ihr festes Gestein den Wogen trotzt. Da die zahllosen Beispiele dieser Art hier nicht am rechten Orte wären, so erwähne ich nur einige der wichtigsten. So soll die Insel Euboea früher mit dem Festlande zusammengehangen haben, Sicilien mit Italien, beides zwar nicht historisch begründet, aber physikalisch sehr wahrscheinlich. Auf den triftigsten, fast zur Gewiſsheit führenden Gründen beruhet die Vermuthung von einem früheren Zusammenhange des schwarzen, des Asowschen und Caspischen Meeres, welche zusammen eine ausgedehnte, auf der einen Seite nach Kleinasien, auf der andern über einen Theil der Moldau und Wallachei bis nach Ungarn hin sich erstreckende Wasserfläche bildeten, bis der Bosphorus zuerst weniger, dann mehr geöffnet wurde, und ein groſser Theil des Wassers in das mittelländische Meer seinen Abfluſs fand. Die bei der Stadt Krym noch vorhandenen Vorrichtungen zur Befestigung der Schifftaue, die von Clarke bei Baktschiseray, von Stürmer am Haemus gesehenen, zu gleichem Zwecke dienenden Ringe, der bei Gründung der Stadt Ancyra gefundene Anker und mehrere dergleichen Erscheinungen dienen zum unwidersprechlichen Beweise, daſs der Spiegel des schwarzen Meeres ehemals an 200 F. höher war, als jetzt. Auſserdem zeigt der, nicht hoch über die Meeresfläche erhabene Boden zwischen dem Caspischen und schwarzen Meere die deutlichsten Spuren, daſs er früher vom Wasser bedeckt war, und verschiedene, von späteren Schriftstellern aufgenommene Sagen beziehen sich auf einen *Durchbruch des Bosphorus.* Ob übrigens diese Katastrophe mit einer Erderschütterung zusammengehangen oder das Wasser allmälig durch Auswaschen den neuen Weg gebahnt habe, ob somit dieselbe plötzlich oder nach und nach erfolgt sey, ob sie die Mythen von der Ogygischen oder Deukalioneischen Fluth veranlaſst habe und durch dieselben bezeichnet werde, darüber ist auf geschichtlichem Wege nichts auszumitteln, auch dürfte es schwer seyn, aus geognostischen Gründen darzuthun, daſs der Durchbruch durch eine vulcanische Erschütterung oder durch die Gewalt des Wassers veranlaſst sey. Welche Veränderungen übrigens diese Katastrophe durch das nothwendig damit verbundene Steigen des Mittelländischen Meeres angerichtet haben mag, läſst sich nicht bestimmen, weil es zu schwierig seyn würde,

die Höhe und den Flächeninhalt der früher vereinten Meere genau auszumitteln. Von Hoff[1] nimmt an, die ehemalige Höhe des schwarzen Meeres könne die jetzige um nicht mehr als 36 F. übertroffen haben, weil die Ufer des Bosphorus nicht höher sind, und berechnet dann das Verhältnifs der Oberflächen des Mittelländischen und des schwarzen Meeres wie 9 : 1, so dafs das erstere nur 4 F. steigen konnte. Allein es ist nicht ausgemacht, ob nicht jene Ufer seitdem durch Wegspülen niedriger geworden sind, und hatten ehemals jene vereinten Meere wirklich die angegebene Ausdehnung, so ist das durch v. Hoff angenommene Verhältnifs der Flächen sicher zu klein, und dürfte eher dem von 2 : 1 nahe kommen. Inzwischen verlieren sich diese Untersuchungen ganz in das Gebiet des Hypothetischen[2].

Einen Durchbruch der *Erdenge bei Gibraltar* haben sowohl ältere als neuere Schriftsteller angenommen, und eine Menge geologische Thatsachen sprechen dafür. Dabei hat dann hauptsächlich die Frage Anlafs zu vielen Untersuchungen gegeben, ob die Ursache dieser Katastrophe vom Mittelländischen oder vom Atlantischen Meere ausgegangen sey. Strabo, Tournefort und v. Humboldt nehmen an, sie sey vom Mittelländischen Meere ausgegangen, und stehe mit der Anschwellung dieses letzteren beim Durchbruche des Bosphorus in Verbindung; v. Hoff[3] dagegen zeigt aus überwiegenden Gründen die Wahrscheinlichkeit eines Einbruches von der Seite des Atlantischen Oceans. Diese Meinung, welche auf die Form der Küsten jener Strafse und den noch jetzt fortdauernden, früher nach unverkennbaren Zeichen noch ungleich stärkeren Angriff jenes Oceans auf die Europäischen Küsten hauptsächlich gestützt ist, erhält ein bedeutendes Uebergewicht, wenn man berücksichtigt, dafs der Durchbruch des Bosphorus und die dadurch bewirkte Erhöhung des Mittelländischen Meeres, wie furchtbar sie auch immer durch Ersäufung mancher fruchtbaren Küstenländer und Inseln seyn mochte, gegen die damalige Landenge bei Gibraltar gar keinen bedeutenden, vielweniger einen solchen Stofs ausüben konnte, dafs der Durchbruch derselben dadurch veranlafst wäre. Wir wollen annehmen, der Spiegel

1 a. a. O. S. 132.

2 S. über das Ganze v. Hoff a. a. O. I. 105 ff.

3 a. a. O. 152.

des Mittelländischen Meeres sey 200 F. niedriger gewesen als jetzt, und eben so viel habe auch die Fallhöhe des Wassers aus der Propontis betragen, so läfst sich leicht zeigen, dafs hiernach die Geschwindigkeit des Wassers in der grofsen Entfernung bei Gibraltar kaum noch 1 F. in einer Secunde betragen konnte. Je tiefer man aber den damaligen Spiegel jenes Meeres, und somit je höher die Fallhöhe des durch den Bosphorus eindringenden Wassers annimmt, um so dicker und stärker war die zu durchbrechende Erd- und Steinmasse bei Gibraltar, da man doch unmöglich lothrechte Wände derselben als früher dort vorhanden annehmen kann. Hierzu kommt noch der Umstand, dafs noch jetzt das Mittelländische Meer eine gröfsere Menge Wasser durch Verdunstung verliert, als ihm durch die Flüsse wieder zugeführt wird, ohngeachtet es einen sehr starken Zuflufs aus dem schwarzen Meere erhält. Hierauf beruhet seine gröfsere Salzigkeit und der aus dem ungleichen specifischen Gewichte seines Wasser, verglichen mit dem des Atlantischen Meeres, wohl nothwendig folgende Unterstrom in der Meerenge von Gibraltar [1]. Vor der Aufnahme des Wassers aus dem schwarzen Meere mufste aber sein Spiegel noch ungleich niedriger seyn, und es konnte daher den Durchbruch der Landenge zwischen Calpe und Abyla um so weniger bewirken. Erfolgte dieser aber durch die Gewalt der Wellen des Atlantischen Meeres früher als jener des schwarzen Meeres, so kann man leicht ermessen, welche furchtbare Ueberschwemmungen der schönsten Thalgründe und Inseln der so unglaublich erhöhete Wasserstand dieses jetzt so ausgedehnten Meeres anrichten mufste, und viele Nachrichten von verheerenden Fluthen mögen hiervon ihren Ursprung erhalten haben.

Auch die Strafse von *Bab el Mandeb*, welche den arabischen Meerbusen mit dem grofsen Indischen Oceane verbindet, soll in den ältesten Zeiten nicht existirt, sondern durch einen Durchbruch des Meeres ihren Ursprung erhalten haben. Es gibt zwar Sagen über eine solche Katastrophe, allein sie sind zu dunkel, und gegenwärtig läfst sich bei der verhältnifsmäfsig gröfseren Unbekanntschaft mit der geognostischen Beschaffenheit jener Gegenden nicht füglich mit dem erforderlichen Grade von Wahrscheinlichkeit ausmitteln, ob ein solches blofs mögliches

1 Edinb. Phil. Journ. VIII. 243.

Ereignifs durch vulcanische Kräfte oder durch die Gewalt des Wassers herbeigeführt sey [1].

Sehr grofse Veränderungen hat das Meer an der Nordküste von Europa angerichtet, und vorzüglich haben die starken Strömungen des Atlantischen Oceans und der Nordsee dem Continente bedeutende Strecken entrissen, wovon aber hier nur einige Hauptsachen kurz angedeutet werden können. Dahin gehört die durch mehrere Katastrophen bewirkte Verminderung der Insel Helgoland, welche zwar in der historischen Zeit nicht mit dem festen Lande zusammengehangen hat, wohl aber aus einer gröfseren, mehrere Ortschaften enthaltenden Insel in einen Felsen von nicht mehr als dem fünften Theile des früheren Flächeninhalts verwandelt ist, wobei noch aufserdem der geringe Ueberrest gegenwärtig zwei Inseln bildet. Aehnliche Verheerungen haben die Inseln an der Westküste von Holstein und Schleswig erlitten, deren mehrere, namentlich Nordstrand, früher mit dem Continente und unter einander zusammenhingen, und bis auf den heutigen Tag durch ungewöhnlich stürmische Fluthen immer mehr verlieren. Namentlich wurde am 11ten Oct. 1634 die damals noch grofse Insel *Nordstrand* durch die Meeresfluthen ganz überschwemmt, und in die drei Inseln Nordstrand, Pelworm und Lütje-Moor zerrissen, wobei 6408 Menschen und 50000 Stück Vieh umkamen [2]. Zuletzt wütheten die Fluthen daselbst im Anfange des Jahres 1825. Die Wellen der Ostsee üben zwar eine geringere zerstörende Kraft gegen die Küsten von Holstein, Schleswig, Meklenburg und Pommern nebst den in ihrer Nähe liegenden Inseln aus, allein dennoch weiset sowohl die ältere als auch die neuere und neueste Geschichte viele Beispiele bedeutender Eroberungen nach, welche das Meer auch in jenen Gegenden gemacht hat. Ueber die Küsten, welche das östliche Ende des Baltischen Meeres einschliefsen, sind minder vollständige Nachrichten vorhanden, indefs ist nicht zu bezweifeln, dafs sie gleichfalls die Schicksale aller nicht felsigen Küstenländer erlitten, und durch den Angriff der Meereswellen mehr oder minder bedeutende Strecken eingebüfst haben.

Physikalische Gründe machen es sehr wahrscheinlich, dafs Grofsbritannien ehemals mit Frankreich durch eine Landenge

1 S. v. Hoff. a. a. O. II. S. 162.

2 Ebend. S. 58.

da zusammenhing, wo jetzt der Canal am schmalsten ist. Ein Hauptbeweis hierfür liegt in der neuerdings insbesondere aufgefundenen aufserordentlichen Aehnlichkeit der über einander gelagerten Felsarten auf den einander gegenüber liegenden Küsten beider Länder, ja man kann noch jetzt in den Hervorragungen beider Ufer und dem hohen, unebenen und zerrissenen Meeresgrunde den ehemaligen Felsrücken verfolgen, welcher beide Länder mit einander verbunden haben mufs, und in der Richtung von Dover nach Cap Blancnés fortgelaufen ist. Von dieser Erhöhung des Meeresgrundes an nimmt die Tiefe des Meeres nach beiden Seiten hin bedeutend zu, so wie gleichmäfsig die höheren und steileren Küsten der Ufer sich verflachen [1]. Diese sehr sprechenden geognostischen Zeugnisse liefern ohne Zweifel ungleich wichtigere Beweise als derjenige, welchen man aus der Anwesenheit von Wölfen und andern wilden Thieren in Grofsbritannien hergenommen hat, insofern diese nur über eine Landenge dahin gelangen konnten; denn die Verbreitung der Thiere über den Erdboden bleibt auf allen Fall eine sehr unsichere Thatsache für geologische Hypothesen, und was man ferner aus einer grofsen Aehnlichkeit der frühesten Bewohner Galliens und Britanniens zu folgern gesucht hat, scheint durchaus unbedeutend. Von welcher Seite das Meer den höchst wahrscheinlichen Durchbruch bewirkt habe, diese Frage ist ungleich weniger untersucht, als bei der Meerenge von Gibraltar; inzwischen bin ich geneigt, die Hauptwirkung als vom Atlantischen Oceane aus geschehen anzunehmen, obgleich die Landenge von beiden Seiten her allmälig weggespült seyn kann. Die stärksten Stürme kommen nämlich aus West-Süd-West, solche konnten daher den bewegten Wellen die gröfste Gewalt gegen die sperrende Landenge ertheilen, und wenn noch in der neuesten Zeit die Wogen der tobenden See bei Eddystone im Eingange des jetzt offenen Canals 100 Fufs über den dortigen Leuchtthurm, also bis zu 180 F. absoluter Höhe geschleudert wurden [2], so ist es keineswegs undenkbar, dafs sie bei ver-

1 Eine interessante Abhandlung über die Tiefe der Nordsee mit einer eben so schönen als instructiven Charte von R. Stevenson findet man in Edinb. Phil. Journ. Nr. V. S. 42.

2 Smeaton in seiner Beschreibung des Fanals von Eddystone, ein Prachtwerk mit Kupfern. Lond. 1791. Fol.

schlossenem Canale noch höher stiegen, und den widerstehenden Damm allmälig zerstörten [1]. Einige Gelehrte setzen diese Katastrophe mit der Sage von der *Cimbrischen Fluth* in Verbindung, durch welche die Cimbrer aus ihren Wohnsitzen getrieben seyn sollen, allein die Unhaltbarkeit dieser Hypothese hat v. Hoff genügend nachgewiesen. Will man annehmen, daſs jener Sage ein historisches Factum zum Grunde liege, so traf die Cimbrische Fluth viel wahrscheinlicher die damals ungleich ausgedehnteren westlichen Küsten von Schleswig und Holstein. Nimmt man aber als ausgemacht an, daſs eine früher existirende Landenge zwischen Frankreich und Britannien zerstört sey, so muſsten von dem Augenblicke dieses Ereignisses an, die flachen Küsten der Nordsee dem Angriffe der Wellen noch ungleich mehr ausgesetzt seyn, als vorher, und es folgt hieraus von selbst, daſs gewaltsame Zerstörungen noch häufiger erfolgten, als in den späteren geschichtlichen Zeiten, obgleich sie auch bis auf den heutigen Tag sehr häufig und von groſser Bedeutung sind [2].

Die Nordküste von Europa und Asien, eben wie die ausgedehnten östlichen Küsten des letzteren Welttheils sind uns zu wenig geschichtlich bekannt, als daſs sich bestimmte Nachrichten von Eroberungen des Meeres an ihnen vorfinden sollten, und eben so wenig giebt es bestimmte geognostische Thatsachen, auf welche sich wahrscheinliche Hypothesen bauen lieſsen. Man kann daher nur im Allgemeinen schlieſsen, daſs auch sie der überall stattfindenden Zerstörung durch die Gewalt der Meereswogen nicht ganz entgangen sind. Als Einzelnheiten lassen sich daher nur anführen der Untergang der Japanischen Insel *Maatsubo*, einst wegen ihres Porcellans berühmt, so wie die Hälfte der kleinen Insel *Rat-Island* bei Sumatra, auch soll die letztere groſse Insel ehemals mit dem Festlande zusammengehangen haben, worüber indeſs nur sehr dunkle Sagen existiren. Dagegen zeigen sich die zerstörenden Wirkungen der Wellen durch den allmäligen Untergang der sieben Pagoden oder der Ruinen von Mahabalibur auf der Küste Coromandel, wo das Meer stets

1 Der nämlichen Meinung ist Desmarest in Diss. sur l'ancienne jonction de l'Angleterre à la France. à Amiens. 1753. 8. der entgegengesetzten v. Hoff a. a. O. S. 312.

2 Ausführlich über die Veränderungen jener Küsten handelt v. Hoff a. a. O. S. 315 bis 365.

weiter um sich greift, indem diese Stadt ehemals über 10 Meilen von der Küste entfernt lag, jetzt aber nur Rudera, zum Theil unter dem Wasser, zeigt. Die Sage übrigens, daſs Ceylon ehemals viel gröſser gewesen sey, wohl gar mit dem Continente zusammengehangen oder sich viel weiter nach Süden erstreckt habe, ist weder aus historischen noch aus geologischen Gründen erweislich, vielmehr scheint sie, so wie die benachbarten Inseln, dasjenige an einer Seite durch Corallenbildung wieder zu gewinnen, was sie an einer andern durch die Wellen verliert. Die Küsten Africa's waren stets zu wenig bekannt, als daſs sich bedeutende Veränderungen derselben nachweisen lieſsen, America ist ein zu neu entdeckter Welttheil, und es läſst sich bloſs aus geologischen Gründen wahrscheinlich machen, daſs die Antillen früher gröſser gewesen sind oder wohl gar einen Theil des Continents ausgemacht haben, wie sich denn auch verschiedene Gründe für einen ehemaligen Zusammenhang Asiens und America's in der Gegend der Behringsstraſse beibringen lassen.

So wie das Meer die Küsten der Länder und Inseln stets zernagt und somit die Masse des Landes verringert, so dient es auf der andern Seite wieder zu Vergröſserung der Erdoberfläche durch die Bildung von Sandbänken, Dünen, Poldern u. dergl. also durch Erweiterung der Küsten. Die hierher gehörigen Erscheinungen sind verschiedenartig, kommen aber im Allgemeinen auf Folgendes zurück. Manche von den Wellen stets bespülte flache Ufer des Meeres enthalten eine groſse Menge Seethiere, nach deren Absterben ihre Schalen zertrümmert, mit dem Meeressande durch den thierischen Schleim zusammengebacken werden, und unter dem Einflusse der Sonnenwärme eine Steinmasse liefern, welche in kurzer Zeit erhärtet und im Verlaufe weniger Jahre schon zu Mühlsteinen benutzt wird. Dieses ist namentlich der Fall an einigen Küsten Siciliens, z. B. bei Messina, wo sich die weggebrochenen Felsen nach einigen Jahren wieder erneuern[1]. Diese Bildung kommt der oben erwähnten durch Zoophyten sehr nahe. An andern Küsten häufen die Meereswellen den Sand aus der Tiefe auf. Landwinde überschütten diesen durch ganz unfruchtbaren Sand, und weil die Sonnenhitze der Vegetation nachtheilig ist, so erheben sich weit ins Meer fortgehende unfruchtbare Sandbänke, welche nur selten

1 Spallanzani's Reis. V. 17.

durch die Meereswellen überfluthet werden. Solche Sandbänke trifft man häufig, am meisten und von gröſster Ausdehnung an der Nordwestküste von Africa. Der weite Küstendistrict von Mogadore bis Cap Blanco, gegen 150 Meilen lang, ist von einer Menge solcher Dünen umgeben, wo das Meer den Sand aufhäuft, und dieser durch den von der Wüste durch die Winde fortgetriebenen vermehrt wird, wobei die Luft stets mit feinen Sandtheilchen erfüllt ist, so daſs die nebelartige Dicke derselben diese ohnehin für die Schiffer gefährliche Stelle noch gefährlicher macht. An vielen Stellen gehen die Araber eine halbe Stunde weit nach gestrandeten Gütern in die See, ohne daſs ihnen das Wasser höher als bis an die Hüften reicht. Die Küste soll jährlich 10 bis 12 Fuſs vorrücken [1]. Eine der gewöhnlichsten Erweiterungen des Landes ist die Dünenbildung, wobei die Wirkungen der Flüsse mit denen des Meeres zusammenfallen. Die Flüsse führen nämlich eine Menge Schlamm, Sand und wenn sie reiſsend sind, selbst Grus und Kies mit sich, wodurch ihre Betten so oft versanden und mit Sandbänken erfüllt werden, noch mehr aber die Gegenden ihrer Mündungen, wenn die Bewegung ihrer Gewässer durch den Widerstand des Meeres aufgehoben wird. So entstehen oft Inseln am Ausflusse der Riesenströme Asiens und America's aus dem Schlamme und der unermeſslichen Menge von Treibholz, welches diese mit sich führen [2], am genauesten aber ist diese Erscheinung an den Küsten der Nordsee beobachtet. Ist der Sand und Schlamm des Meeres, vermischt mit dem durch die Flüsse zugeführten, erst bis zu einer gewissen Höhe angewachsen, so schlagen die Wellen täglich darüber, und lassen jederzeit etwas Schlamm zurück, wodurch die Sandbank (*Watt* in Ostfriesland genannt) nach Umständen sich mehr oder weniger schnell erhebt. Allmälig wachsen erst niedrigere und blätterlose, später höhere Pflanzen darauf, diese halten den Schlamm noch stärker zurück, die Höhe nimmt so zu, daſs nur noch die höchsten Fluthen hinüberschlagen, worauf dann die Oberfläche grün zu werden anfängt. So dienen sie zu Viehweiden, werden mit Deichen umgeben und bewohnt, wenn ihre Gröſse hierzu ansehnlich genug ist [3].

1 Ritter Erdkunde. I. 391.

2 Vergl. *Strom*, *Stromschwellen*.

3 Fr. Arends Ostfriesland u. Jever in geograph. statistischer u. besonders landwirthschaftlicher Hinsicht. Emden 1818. II Vol. 8.

Vorzugsweise auffallend rückt die Ostküste des arabischen Meerbusens stets weiter vor. Von seinen Ufern bis an den Fuſs eines mit demselben fast parallel laufenden Gebirgszuges besteht die Gegend aus einer Wüste, deren Sand durch den Wind und zahllose Bäche in der Regenzeit fortgeführt wird, und die Küsten stets weiter ausdehnt, wozu am unteren Theile noch das, von der entgegengesetzten Küste durch die Meereswellen abgerissene und hierher übergeführte Erdreich kommt, und auſserdem gibt der Corallenbau dem neugebildeten Lande vielleicht eine schnellere Festigkeit. Die Einwohner sind ihres Unterhaltes wegen gezwungen der Küste nachzurücken, sie verlassen daher ihre alten Wohnsitze und bauen sich auf den vorgerückten Ufern wieder an, weſswegen ganz Tehama mit Trümmern ehemaliger Wohnorte bedeckt ist. Unter andern war Musa im ersten Jahrhundert nach Ch. G. ein sehr besuchter Hafen, liegt aber jetzt über 6 Meilen von der Küste, und Mokka, welches nicht viel über 400 Jahre alt ist, entfernt sich gleichfalls schon vom Meere; die Halbinsel Ghézan war vermuthlich früher eine Insel, Hali lag zu Edrisi's Zeiten am Ufer, jetzt aber drei Meilen landeinwärts, und auf ähnliche Weise sind noch mehrere Orte untergegangen, worunter auch das zu Salomo's Zeiten so berühmte Ophir gehören mag. Ueberhaupt sind die, an den verschiedensten Küsten vorkommenden, Versandungen der Häfen, wodurch sie allmälig aufhören brauchbar zu seyn, eine groſse Beschwerde der an ihnen liegenden Handelsstädte, und viele derselben können nur mit groſsem Aufwande zuweilen hiergegen geschützt oder wieder gereinigt werden.

9. *Flüsse* und *Ströme* endlich verändern die Oberfläche der Erde bedeutend. Unter ihre zerstörenden Wirkungen gehört namentlich das Auswaschen und Vertiefen der Thäler, deren einige dieser Ursache ihre Entstehung verdanken, z. B. das obere Elbe-Thal, die romantische sächsische Schweiz, der Plauen'sche Grund u. a., wenn gleich die gröſsten, die sogenannten Hauptthäler als ursprüngliche, bei der Bildung der Erdrinde und namentlich der Berge entstandene Spaltungen und Vertiefungen anzusehen sind [1]. Als Beispiele aus der neuesten Zeit

1 Nach einigen Gelehrten, z. B. Sulzer in Mém. de l'Acad. de Berlin. 1762, Lamanon in J. de Ph. XVIII. 474 sind alle Thäler durch Auswaschung gebildet, welches jedoch nicht wahrscheinlich ist.

können folgende dienen. In Wärmeland fiel 1740 ein heftiger Regen, so daſs ein angeschwollener Waldstrom einen Theil des Berges Lidscheere mit sich fortriſs, und die Gegend umher mit Steinen, Sand und Schutt überdeckte [1]. Bei St. Jean de Maurienne stürzte 1752 ein angeschwollener Bach vom Mont Cenis eine unermeſsliche Menge von Steinen und Erde über ein Dorf, so daſs es bis auf die Spitzen der Dächer verschüttet wurde [2]. Eben in jener Gegend stürzte ein Waldbach sein Gewässer in den Arco, welcher austrat, und ein ganzes Dorf in dem entstandenen See begrub. Letzterer füllte sich allmälig wieder aus, und es entstand an dieser Stelle ein fruchtbares Thal. Bouguer [3] erzählt, daſs er durch die von den Cordilleren herabstürzenden Wässer dann, wenn sie sich in den fast horizontalen Ebenen bewegten, Steine, von 10 bis 12 F. Durchmesser auf 14 bis 15 Toisen fortgewälzt gesehen habe.

Hierhin gehört auch, daſs offenbar viele Flüsse, z. B. die Elbe, der Rhein, die Donau, da, wo sie durch die sogenannten eisernen Thore aus dem Bannat in die Ebenen der Wallachei flieſst, die Weser bei der Porta Westphalica, der Potowmak u. a. früher vorhandene Teiche durchbrochen, und weite Thäler dadurch trocken gemacht haben, wie denn auch jetzt noch vorhandene Binnenseen unfehlbar endlich durch den zugeführten Schutt ausgefüllt werden müssen [4]. Eben so auffallend ist das allmälige Aushöhlen der Fluſs- und Strombetten, welches aus dem Parallelismus der oberen Ufer mit den tieferen und beider Ufer mit einander sichtbar hervorgeht. Pini [5] führt als Beispiel den Ticino an, welcher durch einen engen Paſs strömt, dessen obere hohe Felsenwände, aus dem nämlichen Gesteine bestehend, in der Richtung des Strombettes genau durchschnit-

1 Schwed. Abh. 1747.

2 de Luc Lettres cet. XXXI. sagt: J'y ai passé moi-même (durch die Fenster des Kirchthurms) comme par une porte. — Le temps reparera surement ce desastre, et dans quelques siècles un nouveau village viendra sans doute se fondre sur celui, qui a été ensevelie.

3 Figure de la Terre. p. LXIX.

4 Vergl. *Ströme*.

5 Opuscoli sulle Scienze e sulle arte IV. 293.

ten sind, und Soulavie [1] den Tarn, welcher zwei Lieues über Albi durch ein Lager von quarzreichem Glimmerschiefer sich eine Oeffnung gebahnt hat, mehr als 200 Met. lang, 18 Met. bis an das Niveau tief und 6 bis 7 Met. breit, so daſs es einem ausgehauenen Wege gleicht. Noch sprechendere Beispiele sind die sogenannten *Quebrada's* in America, wo hohe Berge oft zwei und mehrere Meilen von einander stehen, übrigens aber so durchschnitten sind, daſs die Windungen und Krümmungen dieser Oeffnungen dem in unermeſslicher Tiefe strömenden Fluſsbette völlig parallel laufen. Namentlich flieſst der Chapplancas eine halbe Meile in einer solchen Schlucht, deren Hervorragungen genau in die gegenüber stehenden Vertiefungen passen [2].

Endlich zeugen hierfür auch die interessanten Erscheinungen der *natürlichen Brücken*, wie unter andern die Rhône unterhalb Genf eine solche darbietet (la perte du Rhône), ungleich auffallender und schöner aber ist diejenige, welche in den Cevennen über die Ardèche geht, und auf der Cassini'schen Charte unter dem Namen Pont d'Arc angegeben ist [3]. Die gröſsten natürlichen Felsenbrücken findet man in America, namentlich die in der hiernach benannten Grafschaft Rockbridge, welche über den kleinen Cedernfluſs geht. Nach Gilmer's Messung besteht sie aus einem Bogen, dessen untere Fläche 100, die obere 200 engl. F. über den Spiegel des Flusses erhaben ist, und dessen Dicke an der dünnsten Stelle 35 F. beträgt, wobei sie jedoch wegen ihrer Höhe sehr elegant und zierlich gewölbt erscheint. Sie besteht, wie der ganze Berg, aus bläulichem Kalkstein, und bildet den Grat der Bergkette, welcher stehen geblieben ist, während das durch Wasser leicht zerstörbare Gestein unter ihm allmälig weggewaschen wurde [4]. Auch in der Grafschaft Scott, welche noch kürzlich zu Virginien gehörte, geht eine natürliche Brücke über den Stock, deren Höhe 300 F. und die Dicke noch mehr betragen soll [5].

1 Hist. nat. de Vivarais. I.

2 Ulloa phys. u. hist. Nachrichten von Südamerica. S. 23.

3 Bibl. univ. XXIII. 111.

4 Trans. of the Soc. of Philad. New. Ser. I. Bibl. univ. XII. 281. G. LXIV. 436.

5 S. Ebend.

Sehr große Verheerungen richten ferner mehrere Ströme, namentlich der Ganges, durch die hohen Anschwellungen an, welche jährlich bei ihnen zur bestimmten Zeit wiederkehren, wobei sie zuweilen im Ganzen oder in einzelnen Armen ihren Lauf ändern, und an einer Seite eben so große Massen abreißen, als sie an andern wieder ansetzen [1]. Als Beispiel möge hier nur die Wirkung des Flusses *Ochota* angeführt werden, welcher bei seinen jährlichen Anschwellungen den größten Theil der an seiner Mündung liegenden Stadt Ochozc überschwemmt, dabei Häuser nebst dem Boden, worauf sie stehen, fortreißt, so daß auf diese Weise binnen einigen Jahren drei Straßen gänzlich zerstört sind, während das fortgerissene Erdreich an einer gegenüber liegenden Sandbank wieder angesetzt wird [2]. An sich unbedeutend, obgleich empfindlich nachtheilig für die überschütteten Strecken, sind die Versandungen, welche durch stark angeschwollene Ströme oft verursacht werden, geologisch wichtig aber sind die ausgedehnten Bildungen bedeutender Strekken Landes, welche dem durch die Flüsse herbeigeführten Sande und Schlamme, meistens in Verbindung mit den eben erwähnten Wirkungen des Meeres ihren Ursprung verdanken. Daß sich die außerordentliche Menge Sand, Kies und Schlamm, welche durch die großen Ströme stets fortgeschwemmt wird, an den Mündungen derselben bei nicht tiefem Meeresgrunde absetzen und eine stets wachsende Erhöhung hervorbringen müsse, liegt in der Natur der Sache, und es darf dieses ganze Phänomen nur durch einige der vorzüglichsten Beispiele erläutert werden. Am bekanntesten in dieser Hinsicht ist die Bildung einer beträchtlichen Landstrecke am Ausflusse des Nils, welche wegen ihrer Aehnlichkeit mit einem griechischen *Δ* den Namen *Delta* erhielt, und diese Thatsache ist so viel interessanter, weil hierbei die Entstehung solcher Alluvionen seit uralten Zeiten beobachtet ist, denn schon Herodot kannte das Phänomen, und beschreibt es genau. Die hierbei beobachtete Gestalt des neu gebildeten Landes ist keineswegs zufällig, sondern in den Bedingungen des Ereignisses selbst gegründet. Ursprünglich entsteht nämlich durch den Sand und Schlamm des Stromes eine Erhöhung unter

1 Vrgl. *Strom; Stromschwellen.*

2 Sarytschew's Reisen im nordöstl. Theile von Sibirien I. 39. Daraus v. Hoff a. a. O. I. 77.

seiner Mündung, welche zunehmend wächst, bis sie die Strömung des Wassers selbst hindert, daher landeinwärts wieder abgenagt, an der entgegengesetzten Seite aber erhöhet wird, so daſs sie den Fluſs spaltet, und ihm zwei Betten statt eines einzigen giebt. Jede hierdurch entstandene Mündung bringt nach längerer Zeit die nämliche Wirkung hervor, und hierin liegt der Grund, daſs die Strommündungen sich an solchen Stellen vervielfältigen, die Meeresküsten aber nach Auſsen hervorragen. Nach A. v. Humboldt [1] findet man diese Ausbiegungen der Ufer überall, wo sie durch die Flüsse als Neuland gebildet sind, dagegen Einbiegungen nach Innen da, wo die Flüsse wegen der Seichtigkeit sich in mehrere Arme gespaltet haben, und mit diesen gleichfalls ein Delta einschlieſsen, dessen Ufer durch den Angriff der Wellen auch abgenagt seyn können.

Aehnliche Bildungen von Land durch die gemeinschaftliche Wirkung der Flüsse und des Meeres finden sich in Menge. Unter die vorzüglichern gehört die Vergröſserung der Küste und der Lagunen von Venedig, wovon erstere nach geologischen und historischen Beweisen um mehrere Meilen gewachsen ist, letztere aber noch täglich mehr versanden. Noch gröſsere Alluvionen hat der Po erzeugt, dessen Mündungen auſserdem seit uralten Zeiten viele Veränderungen erlitten haben. Die Rhone vergröſsert die schon in den ältesten Zeiten durch sie erzeugten Bildungen neuen Landes noch fortwährend [2], wenn sich gleich nicht nachweisen läſst, daſs Aiguesmortes zu den Zeiten Ludwig's des Heiligen am Meere gelegen habe, weil die berichtete Einschiffung desselben im J. 1269 nach Palästina auch an einem Arme der Rhone geschehen konnte [3]. Selbst die berühmte Strecke bei Arles, *campus lapideus* von den Alten genannt, welche in einer Ausdehnung von 20 Quadrat-Lieues aus kaum faustgroſsen Geschieben besteht, wird nicht ohne triftigen Grund für ein Erzeugniſs der Durance gehalten, indem dieser reiſsende Strom diese Geschiebe leicht auf seinem kurzen Laufe aus den Alpen mitbringen konnte, bis sie sein Bette verstopften, und ihn einen andern Lauf zu nehmen zwangen. Ein eigentliches

1 Relat. Hist. II. 650.

2 D'Aubuisson Geognos. I. 151.

3 v. Hoff a. a. O. I. 290.

Vorrücken der Meeresküste findet man auch in Niederlanguedoc, wo die Ingenieure durch amtliche Untersuchungen gefunden haben, dafs die Ufer zuerst Dünen erhalten, diese sich in Moräste verwandeln, und hieraus allmälig cultivirtes Erdreich entsteht. Eine Redoute i. J. 1609 am Ausflusse des Herault aufgeworfen, war 1783 bis 200 Met. vom Ufer entfernt, welches jährlich 1,9 Met. giebt, und eine i. J. 1746 in 30 Met. Entfernung von der Küste aufgeworfene Batterie fand sich 37 Jahre nachher in 118 Met. Entfernung, welches jährlich 2,1 Met. giebt[1]. Nach Marsilli soll das Meerwasser dort eine eigene bindende Kraft besitzen, um das gebildete Erdreich steinartig zu erhärten[2]. Die bedeutendsten Europäischen Alluvionen sind diejenigen, denen höchst wahrscheinlich die Niederlande und einige flache Küstendistricte Grofsbritanniens ihre Entstehung verdanken. Es ist nämlich oben schon nachgewiesen, dafs wohl ohne Zweifel Frankreich mit England ehemals durch eine schmale Landenge zusammenhing. Wird dieses angenommen, so bildete die Nordsee zu jener Zeit einen grofsen Busen, in welchen die nördlichen Meeresströmungen zusammenflossen, den Sand der Flüsse zurückhielten, und auf diese Weise die Bildung der Niederlande nebst der Erweiterung der Küsten von Nordfolk, Suffolk, Essex, Kent u. s. w. veranlafsten. Mit Recht vermuthet daher v. Hoff[3], dafs die starken Meeresströmungen von Nord und Süd dem Wasser in diesem grofsen Busen einen höheren Stand gaben, als nach der Eröffnung des Canals, und dafs daher ein grofser Theil der Niederlande, früher mit Wasser bedeckt, nachher trocken wurde. Inzwischen ist eine solche allgemeine Bedeckung mit Wasser in Beziehung auf die gesammten Niederlande, welche nach überwiegenden Gründen durch Alluvion entstanden sind, nicht wohl anzunehmen, da an so vielen Orten ähnliche Bildungen sich bis über die Oberfläche des Meeres zu erheben pflegen, namentlich das Nildelta, die Küsten bei Ravenna und andere oben erwähnte; nicht zu bezweifeln dagegen ist, dafs nach dem Durchbruche des Canals die freieren Fluthen grofse Stücke des schon gebildeten Landes wieder zer-

1 D'Aubuisson a. a. O.

2 Hist. phys. de la Mer. p. 15.

3 a. a. O. I. 311 ff. wo weitläuftig über diesen Gegenstand gehandelt wird.

störten, und zum Theil an andern Orten abermals ansetzten, welche Veränderungen noch jetzt in grofser Zahl vorkommen[1].

Fallen die Flüsse in Binnenseen, so müssen sie den Boden derselben allmälig erhöhen, und sie endlich in einer hinlänglich langen Reihe von Jahren ausfüllen. So läfst sich nicht wohl bezweifeln, dafs der Rhein den Bodensee, der Don und Kuban das Asow'sche Meer, die vielen Ströme das Caspische Meer u. s. w. endlich ausfüllen werden, obgleich die hierzu erforderliche Zahl von Jahren kaum zu berechnen ist. Die Rhone hat bereits vor der Stadt Genf durch ihre Geschiebe eine beträchtliche Strecke gebildet, die Donau an ihrer Mündung defsgleichen, am bekanntesten in dieser Beziehung ist aber der Hoangho oder gelbe Flufs, welcher seinen gelben, thonigen Schlamm bis weit ins Meer hinein in Menge absetzt, die Meeresufer von Peking aus weit vorgerückt hat, noch stets zur Delta-Bildung in jenen Gegenden viel beiträgt und nebst dem Jantsekiang oder blauen Flusse das ohnehin schon seichte und durch eine Inselkette vom Ocean abgeschnittene Hoanghai oder gelbe Meer endlich ausfüllen wird. Der Jantsekiang hat in den letzten 500 Jahren vor seiner Mündung eine 20 Meilen lange und fast 6 Meilen breite Insel hervorgebracht. Am ausgedehntesten ist die Deltabildung beim Ganges und Burremputer, welche beide Riesenströme von den höchsten Bergen der Erde kommen, ihre Gewässer in den gröfsten Meerbusen ausschütten, und indem die Meeresfluthen ihnen entgegen kommen, so wirken beide Ursachen vereint mit solcher Gewalt zur Inselbildung, dafs oft durch eine einzige Ueberschwemmung eine oder mehrere Inseln entstehen, welche selbst über eine Meile im Umfange sehr bald mit Gras, Weiden und Gebüsch bedeckt und zum Aufenthaltsorte von Büffeln und andern wilden Thieren werden. Solche Inseln gehen zwar in späteren Fluthen zuweilen wieder unter, meistens werden sie aber nachher mit dem Continente allmälig verbunden, so dafs die Küsten der Halbinsel stets vorschreiten. Wilford[2]

1 Die zahlreichen einzelnen Beispiele bilden einen interessanten Theil der Geschichte der Veränderungen, welche die Oberfläche unserer Erde in der historischen Zeit erlitten hat, mitunter grauenvolle Zerstörungen. Man findet dieses vollständig in der mehr erwähnten Geschichte der Veränderungen d. Erdoberfläche von K. E. A. v. Hoff Gotha 1822. S. 322 ff.

2 Asiatic Researches. VIII. 291. Daraus in J. d. Ph. LXV. 117.

meint sogar, die ganze vorderindische Halbinsel sey früher eine Insel, wie Ceylon, gewesen, und allmälig mit dem Festlande verbunden, welches aber nicht erweislich ist. Eine Deltabildung an der Mündung des Indus ist weniger erwiesen, unverkennbar dagegen ist sie beim Euphrat und Tigris, so wie auch der Natur der Sache nach am Ausflusse des Senegal und Gambia Sandbänke entstehen, und hierdurch die Küsten weiter hervortreten müssen.

Viele Flüsse America's zeigen das Phänomen der Deltabildung gleichfalls, wie denn unter andern fast die ganze Provinz Delaware aus Alluvionen des Flusses gleiches Namens bestehen soll, nirgend in der Welt aber ist dieses Phänomen vielleicht gröſser als beim Missisippi, denn das durch diesen mächtigen Strom gebildete Delta ist gröſser als ganz Aegypten. Noch in den neuesten Zeiten betrug das Vorrücken der Küsten nach Messungen eine Lieue in hundert Jahren, und damit ist noch die Eigenthümlichkeit verbunden, daſs dieser Strom bei seinen Anschwellungen aus den Urwäldern, durch welche er flieſst, eine ungeheuere Menge der gröſsten und stärksten Bäume entwurzelt, mit sich fortreiſst, und zugleich mit dem Schlamme in der Tiefe versenkt. An manchen Stellen ist daher der Boden des Flusses und selbst des Meeres an seiner Mündung mit einem faschinenartigen Geflechte dieses Holzes belegt, so daſs Anker, welche in dasselbe hineingreifen, nicht wieder herauszubringen sind; der westliche Arm des Stromes, der Chafalaya oder Achafalaya aber, welcher sonst bis 15 Meilen landeinwärts schiffbar war, ist so mit Treibholze bedeckt, daſs keine Durchfahrt mehr statt findet, und auf einer Strecke von zwei geographischen Meilen hat sich sogar aus diesem Holze eine Art von schwimmender Brücke gebildet, welche ganz fest und mit Vegetation bedeckt ist, so daſs man die Anwesenheit des Wassers nur aus dem Rauschen desselben unter dieser Decke erkennt [1]. Daſs endlich diese Erscheinungen unzählich oft auch bei kleinen Flüssen vorkommen, wohin zugleich die Inselbildung in Flüssen und Strömen zu rechnen ist, bedarf kaum besonders erwähnt zu werden.

1 Mon. Cor. XI. 44. Vergl. Milford Mém. d'un coup d'oeil rapide sur mes différens Voyages et mon séjour dans la nation des Creek. à Paris 1802. 8. Vollständig findet man diesen Gegenstand behandet in v. Hoff. a. a. O.

10. Eine sehr häufig aufgeworfene und auf verschiedene Weise beantwortete Frage betrifft die almälige Veränderung der Temperatur der Erdoberfläche. Bezieht sich diese Untersuchung auf die Wärme der Erde unmittelbar nach ihrer ursprünglichen Gestaltung, so hängt sie mit den geologischen Hypothesen innig zusammen, und in dieser Hinsicht ist bereits nachgewiesen, daſs hierüber zwar nichts Gewisses ausgemacht werden kann, diejenige Hypothese aber die wahrscheinlichste ist, wonach die Erde anfangs feurigflüssig war[1]. Wird dieses angenommen, so stellt sich sogleich wieder die Frage dar, auf welche Weise die Erde allmälig oder plötzlich abgekühlt sey, und ihre jetzige mittlere, allem Anschein nach gleichbleibende Temperatur erhalten habe, und diese Untersuchung, welche mit der Theorie der Wärme in vielen Puncten innig verwebt ist, kann hier nicht im ganzen Umfange erschöpfend angestellt werden. Unbedeutend ist dabei der Umstand, ob man eine plötzliche oder eine allmälige Erkaltung anzunehmen geneigt ist, wenn gleich die letztere Annahme sich leichter mit den gangbaren Hypothesen vereinigen läſst. Es fehlt übrigens nicht an Meinungen, welche bereits hierüber aufgestellt sind. Büffon läſst die Erde allmälig erkalten, bis sie zuletzt ganz erstarren, und dadurch unbewohnbar werden soll, ohne die Aetiologie dieses Processes genauer anzugeben; nach Fourier strahlte sie die Wärme in den Raum aus, wogegen schon oben einige Zweifel erhoben sind[2]; Breislak[3] läſst dieselbe durch die entstandenen Wasserdämpfe und Gase der Atmosphäre gebunden werden, und es lieſse sich leicht durch Berechnung erweisen, daſs zur Bildung der jetzigen Atmosphäre, wenn man sich die Sache auf diese Weise vorzustellen geneigt wäre, eine hinlängliche Quantität Wärme erforderlich gewesen wäre, um die glühende Erdkruste bis zu ihrer jetzigen Temperatur abzukühlen, jedoch muſs aus der Theorie der Wärmeerzeugung erst im Allgemeinen hervorgehen, ob es einer solchen Hypothese überhaupt bedarf, und ob diese angegebene als zulässig erscheinen kann. Auf allen Fall muſs nach der Hypothese einer ursprünglichen feurigen Flüssigkeit der Erde eine Abkühlung derselben stattgefunden haben[4]; allein da diese ganze Aufgabe unvermeid-

1 Vergl. *Erde* Th. III. S. 970. ff. und oben B. N. 4.
2 Ebend. Th. III. S. 1038. ff.
3 Institut. geol. I. 143. 161. u. a. a. O.
4 Hierfür erklären sich jetzt die meisten und gelehrtesten Ge-

lich auf Hypothesen hinausläuft, so hat man es mit Recht für überflüssig erkannt, sich weiter mit ihr zu beschäftigen.

Manche Ueberbleibsel aus einer älteren Periode unserer Erde, einer sogenannten antediluvianischen oder vorweltlichen, scheinen aber unwidersprechlich darzuthun, daſs ehemals, wenigstens in den gemäſsigten und den Polarzogen, eine höhere Temperatur geherrscht habe. Dieser Gegenstand selbst beruhet zwar auf einer genaueren Kenntniſs der Petrefacten [1], worüber an sich noch viele Dunkelheit herrscht, im Allgemeinen aber läſst sich Folgendes wohl mit einem hohen Grade der Wahrscheinlichkeit annehmen. Zuerst finden sich Ueberreste von Thieren in nördlichen Gegenden, namentlich vom Mammut, von denen zwar nicht ausgemacht ist, daſs sie ihrer Gattung nach kalten Gegenden nicht zugehören konnten, welche auſserdem immerhin durch Fluthen weiter nach Norden geschwemmt seyn mögen, allein da einige Exemplare mit Haut und Fleisch gefunden sind, so kann dieses nicht auf weite Strecken geschehen seyn, und dann beweiset ihre ausnehmende Gröſse und die Menge der vorhandenen Ueberreste, daſs sie ungleich fruchtbareren Gegenden angehörten, als jenes gegenwärtige Klima liefern kann. Ueberhaupt sind die vorweltlichen Thierarten, deren ähnliche Species noch jetzt gefunden werden, so auſserordentlich groſs, daſs sie sehr augenfällig für eine stärkere Vegetation zeugen, als unter so hohen Breiten füglich stattfinden konnte. Minder beweisend, aber dennoch dieses Argument unterstützend, sind die Ueberreste der Vegetabilien in den Braunkohlenlagern. Es ist nämlich zwar nicht erwiesen, daſs die hier verschütteten Baumarten, so wie diejenigen, welche den Bernstein an der Preussischen Küste geliefert haben, Palmarten wärmerer Klimate gewesen sind, wie man ehemals anzunehmen geneigt war, allein wenn man bloſs die groſse Menge der verschütteten Bäume berücksichtigt, so deutet auch schon diese auf eine stärkere Vegetation, als gegenwärtig jenen Gegenden eigen ist. Alle diese Gründe führen indeſs nur zu einem gewissen Grade der Wahr-

ologen, indem sie überhaupt annehmen, daſs die plutonischen Wirkungen (und damit die Wärme der Erde) allmälig abgenommen, die neptunischen aber zugenommen haben. S. Boué in Edinb. Phil. Journ. N. 5. I. 88.

1 Vergl. *Versteinerungen.*

scheinlichkeit, indem diesen und ähnlichen Argumenten allezeit die Einwendung entgegengesetzt werden kann, daſs wir die vielfachen möglichen Veränderungen und Schicksale unserer Erdoberfläche nicht kennen, und also auch nicht wissen können, ob nicht die jetzt zum Vorschein kommenden urweltlichen Reste durch groſse Fluthen aus entfernten Gegenden an ihren jetzigen Lagerungsort gekommen sind. Man hat diese Hypothese sogar auch auf das Vorkommen der Mammuts-Skelete und Cadaver im hohen Norden angewandt, und dabei zu einer plötzlich eingetretenen Winterkälte seine Zuflucht genommen, so wahrscheinlich es übrigens ist, daſs Thiere von so ungeheurer Gröſse eine bedeutende Menge Futter bedurften, und schwerlich die jetzigen langen sibirischen Winter zu ertragen vermochten.

Es kann diesemnach bloſs als eine wahrscheinliche Hypothese gelten, daſs die Temperatur der Erdrinde in den Urzeiten höher und vielleicht auch gleichmäſsiger über die Erde verbreitet gewesen sey, späterhin aber in der äquatorischen Zone sich mehr angehäuft habe, so daſs dort die Vegetation durch Hitze, in den Polarzonen dagegen durch Kälte zerstört wurde. Wichtiger aber, als das Verweilen in diesem dunkeln Gebiete, ist die genauere Erörterung der Frage, ob die Temperatur innerhalb der historischen Zeit sich geändert habe, so daſs sie allgemein entweder höher oder niedriger geworden sey. Hierauf läſst sich mit groſser Bestimmtheit und nach einer Menge von Thatsachen antworten, daſs in einzelnen Districten das *Klima* wohl aus begreiflichen Ursachen rauher oder milder geworden, die Temperatur im Ganzen aber, wenigstens in den mittleren Breiten, sich völlig gleich geblieben sey. Es giebt allerdings unbestreitbar Thatsachen, welche eine frühere höhere Temperatur gewisser Gegenden zu beweisen scheinen. Dahin gehört insbesondere die Beschreibung, welche die ersten Entdecker der südlichen und südöstlichen Küste Grönlands von diesen jetzt für Europäer fast unbewohnbaren Küsten machen, indem sie dieselben mit üppigem Grase und Bäumen, mindestens Gesträuchen, bewachsen angeben, woher das ganze Land auch den Namen Grönland (Grünes Land) erhielt [1]. Wären jene Küsten schon damals so unwirthbar gewesen als jetzt, so würde sich keine Colonie dort niedergelassen haben, zu welcher man später zu

1 Landnamabok II cap. XIV. Eyrbyggiasaga. cap. XXIV.

gelangen sich vergebens bemühete, weil das Eis eine Landung unmöglich machte, bis es ganz kürzlich dem kühnen Scoresby gelungen ist, jene Gegenden wieder zu betreten, wobei er denn wirklich Spuren von Bewohnern gefunden hat [1]. Es ist daher sowohl aus diesen als auch aus anderweitigen Zeugnissen gewiſs, daſs Grönland früher Holz- und Straucharten, so wie überhaupt Pflanzen hervorgebracht hat, welche daselbst jetzt nicht mehr wachsen. Nun ist es zwar ausgemacht, daſs einmal vorhandene Waldungen gegen den Einfluſs der Winde schützen, und daher in kalten Gegenden das Klima milder machen, und man könnte daher die Erniedrigung der Temperatur Grönlands dem allmäligen Untergange dieser Wälder, vielleicht durch die Bewohner veranlaſst, beimessen; allein jenes Land ist nach seiner jetzigen Beschaffenheit überhaupt für die Baumvegetation nicht geeignet, und man muſs daher zugestehen, daſs dort die Temperatur höchst wahrscheinlich vermindert sey, welches indeſs vielleicht eine Folge der an seinen Ostküsten aufgehäuften Eismassen ist [2]. Im Allgemeinen getraue ich mir übrigens nicht, die physische Ursache dieser Veränderung mit Gewiſsheit oder auch nur mit einem hohen Grade von Wahrscheinlichkeit anzugeben, obgleich sich ohne Schwierigkeit mehrere Hypothesen zur Erklärung auffinden lassen. So glaube ich die höhere Temperatur Norwegens und Island's, welche offenbar dem Grade der Breite nicht proportional ist, mit groſser Wahrscheinlichkeit aus den Meeresströmungen erklärt zu haben [3], und man könnte diesemnach annehmen, die Richtung des Golphstromes sey in älteren Zeiten, als die Antillen und der Mexicanische Meerbusen ihre jetzige Gestalt noch nicht hatten, eine andere gewesen, und das warme Wasser desselben habe die Ostküste Grönlands bespült. Oder es lieſse sich denken, das nördliche Polareis sey nicht in solchen Massen vorhanden gewesen, als jetzt, und habe deswegen die Ostküsten Grönlands gar nicht umlagert, welches übrigens mehr als bloſse Vermuthung ist. Es könnte endlich die Richtung der

1 W. Scoresby's d. Jüngeren Tagebuch einer Reise auf den Wallfischfang u. s. w. Uebers. von Kries. Hamb. 1825. 8. S. 207.

2 Vergl. Cranz Historie von Grönland a. v. O. H. Egede Saabye Bruchstücke eines Tagebuches gehalten in Grönland u. s. w. Uebers. von G. Fries. Hamb. 1817. a. v. O. z. B. S. LXVIII. LXXIX. u. a.

3. S. Th. III. S. 1002.

jetzigen Eis-Strömung ehemals eine andere gewesen seyn, und die jetzige, welche dasselbe in so ungeheuern Massen an jene Küsten treibt, durch den später erfolgten Durchbruch der Landenge zwischen der Behringsstraſse bedingt werden. Wollte man noch höher hinaufgehen, so lieſse sich annehmen, das ursprünglich überall gleich temperirte Meer sey in den Polarzonen erst allmälig erkaltet, und das dort gebildete Eis habe durch seine stets zunehmende Vermehrung die benachbarten Küsten lange in einer milden Temperatur erhalten, und dieses um so mehr, wenn man zugleich voraussetzte, das Polarmeer sey bei noch geschlossener Behringsstraſse ruhig und ohne seine jetzigen Strömungen gewesen, durch welche das Eis südlich getrieben wird. Jede dieser, und noch wohl einige andere Hypothesen lieſsen sich durch neue Hypothesen unterstützen und als sehr wahrscheinlich darstellen, allein der skeptische Physiker verweilt ungern in diesen dunkeln, durch untrügliche Erfahrungen nicht aufgehellten Gebieten.

Aehnliche Beweise für eine Verminderung der Temperatur in Norwegen und Island finden sich in genügender Menge. So wird fossiles Holz auf einigen Inseln oberhalb Norwegen gefunden; wo gegenwärtig kaum einige Lichen-Arten fortkommen; allein dieses kann leicht Treibholz seyn, und würde somit nichts beweisen, wenn es nicht ausgemacht wäre, daſs auch Island früher nicht unbedeutende Waldstrecken, namentlich mit Birken bewachsen, gehabt habe. Vermuthlich aber sind diese entweder durch die Bewohner allmälig ausgerottet, oder beim Ausbruche des Hecla i. J. 1766 zerstört, und dann könnte dieses selbst die Ursache einer späteren Verminderung der Temperatur gewesen seyn, indem die Insel noch jetzt, wiewohl sehr wenig, Getreide hervorbringt, früher aber mehr erzeugte, wie noch aus der Benennung einiger Districte hervorgeht, deren Namen offenbar aus ihrer Bestimmung zum Kornbaue entstanden sind [1]. Auf der andern Seite dagegen kann man sagen, daſs der Getreidebau dort vernachlässigt wurde, weil die Viehzucht einträglicher ist; überhaupt aber geht unsere genauere Kenntniſs dieser Insel nicht über das Jahr 1360 nach Ch. G. hinaus [2], und

1 S. Garlieb Island u. s. w. Freib. 1819. S. 36. Ebenezer Henderson Island u. s. w. I. 11.

2 Island soll im J. 861 durch Nadod entdeckt seyn, und von

diejenigen Colonisten, welche die Insel zuerst besuchten, nannten sie Island (Eisland) von dem vielen Eise, welches sie daselbst fanden, ja sie scheinen anfangs dort nicht einmal feste Wohnsitze gehabt zu haben, sondern nach einem Sommeraufenthalte an jenen Küsten wegen des Fischfangs für den Winter wieder nach den Schottischen und Norwegischen Küsten zurückgekehrt zu seyn [1]. Eine gleiche Bewandnifs hat es mit Norwegen. Man gräbt auf Karmöe unter 59° 20′ N. B. starke Baumstämme, z. B. Castanienbäume, bei Augvoldsnäs Nufsbäume aus, welche jenen Gegenden jetzt durchaus fremd sind, früher aber dort gewachsen seyn müssen. Vargas Bedemar [2] bringt viele Zeugnisse dieser Art bei, welche ein früher milderes Klima jener Gegenden bezeugen, glaubt aber, dafs die Ausrottung der Wälder diese Veränderung veranlafst habe, Leop. von Buch [3] dagegen, welcher ähnliche Zeugnisse beibringt, glaubt das Klima wechsele daselbst in langen Perioden, womit die Beobachtung Herzberg's übereinstimmt, welcher sagt, dafs das Meer beim Bergenstifte von Jahr zu Jahr ungestümer werde, die Menge des Heues seit 30 bis 40 Jahren stets abgenommen habe, der Frühling fast einen Monat später, die Winterkälte dagegen eben so viel früher eintrete [4]. Will man nicht annehmen, dafs ehemals die Sommer dort wärmer, die Winter aber kälter gewesen seyen, so steht hiermit im Widerspruche, dafs die Ostsee in der den neuesten Zeiten nie ganz zugefroren war, wie in den Jahren 1333; 1399; 1408; 1423; 1459; und zuletzt fast gänzlich i. J. 1709. Im Ganzen ist aber der Zeitraum, in welchem uns jene nördlichen Gegenden bekannt sind, zu kurz [5], und aus diesem lassen sich keine sichere Thatsachen zum Beweise einer Temperatur

dieser Zeit an zogen sich mehrmals Colonien der Normänner dorthin, welche wegen politischer Streitigkeiten aus ihrem Vaterlande auswanderten. Wann und in wie weit dieselben bleibend wurden, ist nicht leicht auszumitteln. S. Schlosser Weltgeschichte. Th. II. S. 85.

1 Für die älteste Geschichte Islands vergl. Landamabok: h. e. Liber originum Islandiae. Hafn. 1774. 4. Snorro Sturleson Heims kringla. cet. ed. Schöning. Hafn. 1777. fol.

2 Reise nach dem hohen Norden. Frankf. 1819. II T. 8. I. 165.

3 Reise nach Norwegen u. Lappland II T. Berl. 1810. 8. I. 369.

4 Vargas Bedemar a. a. O. I. 183.

5 S. Schlözer in Allgemeine Weltgeschichte. XXXI. Vorrede S. 5 und Schöning's Abhandl. ebend. S. 1.

verminderung entnehmen. Nach L. v. Buch, Bedemar u. a. werden noch jetzt in Norwegen unter sehr hohen Breiten an sehr geschützten Orten Kirschen und sonstige Obstarten reif, welches indeſs das erwähnte Auffinden von Wallnuſs - und Castanien-Bäumen, mindestens nicht vollständig, enträthselt.

Uebrigens hat Schouw[1] neuerdings durch eine eben so ausführliche als gehaltvolle Untersuchung dargethan, daſs die mittlere Temperatur in Dänemark und auf gleiche Weise auch in Scandinavien nach dem Ergebnisse der vorhandenen genauern Beobachtungen sich innerhalb der historischen Zeit nicht geändert hat, obgleich zu gewissen Zeiten auffallende periodische Wechsel vorkommen, wie denn namentlich im 14. und 15. Jahrhunderte verschiedene Jahre sich durch auffallende Rauhheit der Temperatur auszeichneten. Dessen ungeachtet greifen auch dort die Gletscher an manchen Orten stets weiter um sich, wie denn nach Ch. Fr. Neumann[2] der Gletscher von Justedal noch im 17. Jahrh. ein cultivirtes Thal war.

Ueber die Temperatur Deutschlands, der Schweiz, Italiens und der unter gleichen Breiten liegenden Länder giebt es auf gleiche Weise widersprechende historische Zeugnisse. Caesar, Tacitus[3] u. a. schildern zwar Deutschland, Thracien u. s. w. als höchst kalt, unfruchtbar und rauh, allein es ist unlängst erwiesen, daſs ihre Beschreibungen übertrieben sind, obgleich manche Gegenden waldiger, daher auch im Sommer weniger warm, im Winter dagegen weniger kalt waren, im Ganzen aber ist die Temperatur gewiſs unverändert geblieben. So war der Rhein zwar in der Regel alle Winter gefroren, was auch noch jetzt der Fall ist, allein einmal gingen die teutschen Völker im Winter auch über den offenen Fluſs[4]. Korn brachte das Land in Menge, aber keinen Wein[5], weil er nicht gebauet wurde, denn wenige Jahrhunderte später unter den Merovingern

1 Skildring af Veirligets Tilstand i Danmark. Kiöv. 1826. 8.

2 Beiträge zur Kenntniſs Norwegens. Leipz. 1824. II vol. 8.

3 De Mor. Germ. I. Dort heiſst Deutschland terra frugiferum arborum impatiens.

4 Caes. de B. Gall. IV. 4.

5 Tacitus M. G. c. 5; 26; 23.

geschah dieses namentlich zu Ladenburg und an andern Orten [1], ungleich früher bei Marseille [2], und im zweiten Jahrhunderte nach Ch. G. in Augsburg [3]. Neben diesen unwidersprechlichen Zeugnissen giebt es andere, welche eine bedeutende Veränderung des Klima's anzuzeigen scheinen, aber von einzelnen ausgezeichneten Jahren entnommen im Ganzen nichts zu beweisen vermögen. Solche hat Mann [4] in Beziehung auf Italien, Dalmatien u. s. w. gesammelt, und namentlich war i. J. 1543 der Winter in Frankreich so kalt, daſs der gefrorne Wein mit Beilen zerhauen und unter die Soldaten vertheilt wurde [5]. Der Hypothese einer allmäligen Zunahme der Wärme entgegengesetzt ist der in der Schweitz sehr allgemein herrschende Glaube an eine merkliche Abnahme derselben. Nach Villars [6] wird auf dem Berge de Lans im Canton d'Oisans Holz, welches dort ehemals gewachsen seyn muſs, in einer Höhe von 2340 F. über derjenigen gefunden, bis zu welcher dasselbe jetzt wächst, und Charpentier [7] behauptet, die Gletscher hätten seit 60 bis 100 Jahren auſserordentlich zugenommen, welches eine Folge der im Allgemeinen verminderten Temperatur sey, wie jeder Forstmann wissen müsse, indem sich auf vielen Höhen ehemals 100 bis 150 jähriges schönes Holz gefunden habe, wo sich jetzt keines finde, z. B. auf dem Berge aux Herbagères, beim Chamouni-Thale, wo ellendicke herrliche Lerchen zerbrochen und entwurzelt umherliegen sollen, statt daſs gegenwärtig selbst die härtere Fichte dort nicht fortkommt. Eine ausführliche Untersuchung der Frage über die Abnahme der Temperatur in der Schweitz ist in einer 1820 von der Schweitzerischen gelehrten Gesellschaft gekrönten Preisschrift angestellt [8], deren Verfasser aus einer groſsen Menge von Thatsachen beweiset, daſs die mittlere Temperatur

1 F. J. Dumbeck geographia pagorum vet. Germ. cisrhen. Berol. 1817. S. 29. Vergl. Dahl Beschreibung des Kloster's Lorsch. S. 116.

2 Plin. H. N. XIV. 6.

3 Eumenius in Panegyr. vet. VIII. 6.

4 Hist. et Comm. Acad. Sc. Theod. Palat. vol. VII. Gren J. d. Ph. II. 231.

5 De Serres Inventaire général de l'Hist. de France. II. 231. Zimmermann geograph. Gesch. d. Menschen. III. 210.

6 Mém. de l'Inst. V. 197.

7 G. LXIII. 411.

8 Bibl. un. XIV. 285.

daselbst seit Jahrhunderten keineswegs abgenommen hat, welches Resultat auch Wahlenberg aus seinen Forschungen in Norwegen über dieses Land erhielt, wohl aber sinken die Gletscher tiefer herab, weil die Waldungen dünner werden und ihnen weniger Widerstand leisten, aus welcher Ursache auch die Winterkälte heftiger einwirkt, und auf hohen Berggipfeln das einmal weggenommene Holz sich nicht wieder erzeugt. In Italien ist das Klima gewifs nicht durch gröfsere Kälte oder gröfsere Wärme ausgezeichnet, als zu den uns genügend bekannten Zeiten der Römer, denn das Erscheinen des Eises auf den dortigen Flüssen war damals, wie jetzt, eine Seltenheit; Virgil's Regeln für den Landbau könnten in Beziehung auf die Temperatur noch jetzt gelten, und dafs es an bleibendem Schnee auf den Bergen nicht fehlte, beweiset Horaz [1]. Ueber vielen Schnee und grofse Kälte in Thracien und Macedonien klagen viele lateinische und griechische Schriftsteller, z. B. Virgil [2], Ovid [3], Xenophon [4], Plato [5], allein dennoch brachten diese Gegenden, ihrer hohen Gebirge ungeachtet, schon sehr früh guten, dem Homer bekannten, Wein [6], und die neueren Schriftsteller, welche eine Vergleichung des ehemaligen und jetzigen Zustandes jener Länder und Griechenlands anzustellen veranlafst wurden, weisen keine Veränderung der Temperatur nach [7]. Das Gefrieren des schwarzen Meeres endlich, welches i. J. 401, dann 763 als sogar ein Theil der Meerenge zwischen den Dardanellen mit Eis belegt war, endlich noch 1620 und 21 nach Zonaras und Kantemir geschah, ist seitdem nicht wieder beobachtet [8], eben wie das Gefrieren des Adriatischen Meeres wie in den Jahren 860; 1234 so stark, dafs Waaren auf dem Eise von Venedig nach der Dalmatischen Küste transportirt wurden; 1594; 1621, als die Flotte

1 Carm. I. 9. 1. Vides ut alta stet nive candidum Soracte.

2 Georg III. 352.

3 Trist. III. 10. V. 23. Ep. ex. Ponto. IV. 7. V. 8.

4 Exped. Cyr. Min. VII. 4.

5 Symp. cap. 42. p. 220. ed. Steph.

6 Od. IX. 179; 197.

7 Dodwel Reise durch Griechenland. Uebers. von Sickler. I. S. 282. Boekh Staatshaushalt d. Athenienser I. 84. Müller Orchomenos od. Geschichte hellen. Stämme I. S. 30; 33.

8 Vergl. Olivier Voyages dans l'Empire othomanne. I. 224.

bei Venedig einfror und endlich 1709. Man ersieht hieraus, dafs einzelne Jahre von ausgezeichneter Kälte oder Wärme nicht als Beweis einer allgemeinen Veränderung der Temperatur dienen können [1]. So wenig aber aus diesen einzelnen Thatsachen gefolgert werden kann, dafs die Temperatur gegenwärtig unter mittleren und höheren Breiten gegen frühere Jahrhunderte zugenommen habe, wie Mann [2] und Gronau [3] anzunehmen geneigt sind, eben so wenig sind die oben angegebenen einzelnen Phänomene vermögend, eine Verminderung derselben zu beweisen, wie schon aus dem Widerspruche dieser zerschiedenen Meinungen unter sich genugsam folgt, wenn gleich auf einzelne Districte durch manche, das Klima bedingende, Ursachen sowohl die Wärme des Sommers als auch die Kälte des Winters heftiger einzuwirken vermag, und dadurch auffallendere Erscheinungen der einen wie der andern hervorbringt. Dieses ist denn auch das endliche Resultat einer ausführlichen, auf eine grofse Menge wohlbegründeter Thatsachen gestützten Abhandlung von Gay-Lussac [4], auf welche ich diejenigen verweisen mufs, welche mehrere Beweise suchen. Selbst den Satz, dafs die Temperatur der äquatorischen Zone seit Jahrtausenden erhöhet sey, welcher allerdings viel für sich hat, und auch von Mann angenommen wird, möchte ich bezweifeln, wiewohl es aus dem, in manchen dortigen Gegenden gefundenen, fossilen Holze unverkennbar folgt, dafs früher Districte mit Waldungen bedeckt waren, wo gegenwärtig wegen brennender Hitze und Sandboden überall keine Vegetation mehr stattfindet. Mit weit mehr Recht nehmen Gronau und andere an, dafs eben die Ausrottung der Waldungen eine Veränderung des Klima's nicht sowohl hinsichtlich der mittleren Temperatur, als vielmehr des Feuchtigkeitszustandes hervorbringt [5], jene allmälige Zerstörung der Waldungen ist aber mindestens zum gröfsten Theile eine nothwendige Folge der sich fortwährend auf der Erde mehrenden Menschenmenge. In geologischer Beziehung ist es also blofs wahrscheinlich, dafs nach der letzten Ausbildung des Erdballs, in einer jetzt unbestimmbaren Zeitperiode, die Wärme entwe-

1 Ann. Ch. et Ph. XIV. 292. Vergl. *Temperatur*.

2 Gren. J. d. Ph. II. 231.

3 Neue Schr. der Berl. Ges. Nat. Fr. IV. 59.

4 Ann. Ch. et Ph. XXVII. 407.

5 Vergl. *Klima*.

der gleichmäfsiger über den Erdball verbreitet war, oder mindestens die Gegenden unter sehr hohen Breiten sich einer milderen Temperatur erfrenten, dafs aber nachher ein gewisser Zustand des Gleichgewichts eingetreten ist, welcher ohne mefsbare Veränderung so lange gedauert hat, als die sichere historische Zeit umfafst, daher auch aller Wahrscheinlichkeit nach mit den allezeit beobachteten, partiellen Schwankungen noch eine unbestimmbare Zeit dauern wird, ohne dafs die Erde weder durch übermäfsige Erkaltung noch auch Erhitzung eine wesentliche Veränderung erleidet. *M.*

Gerinnung.

Coagulatio; Coagulation; *Coagulation;* heifst die- diejenige Zersetzung einer Flüssigkeit, bei welcher sich ein fester Stoff, derselbe sey schon in ihr gebildet vorhanden gewesen, oder erst während der Zersetzung gebildet, in Gestalt von mehreren gröfseren Klumpen oder einer einzigen zusammenhängenden Masse als Gerinnsel oder Coagulum ausscheidet. In den Zwischenräumen des Gerinnsels kann, wenn seine Menge bedeutend ist, die Flüssigkeit so vollständig zurückgehalten werden, dafs das Ganze fest erscheint. Solche Gerinnungen zeigt der mit Wasser verbundene Eiweifsstoff beim Einwirken von Hitze, Säure oder Weingeist; der Kässtoff in der Milch beim Einwirken von Säuren oder Weingeist; die Kieselfeuchtigkeit beim Zusatze von wässrigem Alaunerde-Kali u. s. w. *G.*

Geruch.

Odoratus; *Olfactus;* Odorat; *The Smelling;* bezeichnet auf gleiche Weise sowohl den Geruchs-Sinn, vermittelst dessen gewisse eigenthümliche Ausflüsse der Körper wahrgenommen werden, als auch diese Substanzen selbst, welche denn gleichfalls *Gerüche*, *(odor;* odeur; *smell)* heifsen. Der Sitz desselben ist die Nase, welche inwendig mit einer nervenrreichen Haut (bei den Menschen *tunica Schneideriana* genannt) bekleidet ist. Diese nimmt an ihrer inneren Seite die zahlreichen Enden und Geflechte des aus den anderen Hirnlappen entspringenden Geruchsnerven *(N. olfactorius)* auf, durch welche das Empfinden der Gerüche vermittelt wird, wenn nicht

Krankheit und Abstumpfung des Nerven oder zu starke Schleimabsonderung der Schleimhaut, z. B. beim Schnupfen, dieses hindern [1]. Die Empfindungen durch den Geruch haben viele Aehnlichkeit mit denen, welche der Geschmack giebt, beide unterstützen sich wechselseitig, jedoch ist bei den Menschen in Vergleichung mit den Thieren im Ganzen der Geschmack am feinsten, der Geruch am wenigsten ausgebildet, und am leichtesten entbehrlich.

Bei den Thieren nimmt überhaupt das Werkzeug des Geruchs-Sinnes mehr Raum ein, wie schon die Gröfse der Nasenhöhle, die weitere Ausbreitung der Schleimhaut und die gröfsere Stärke des Geruchsnerven nebst der vermehrten Zahl seiner Verzweigungen darthun. Für sie ist der höher gesteigerte Geruchs-Sinn sehr unentbehrlich zur Unterscheidung der dienlichen und schädlichen Nahrungsmittel, insbesondere bei den Säugethieren, namentlich den Hunden, weniger bei den Vögeln, wo wahrscheinlich öfter ihr scharfes Gesicht aushilft, noch weniger bei den Amphibien, welchen sämmtlich die Gerüche durch die Luft zugeführt werden. Den Fischen hat man ein eigentliches Geruchsorgan absprechen, und dieses vielmehr mit dem Geschmacksorgane verbunden ansehen wollen, welches aber mit der Ausbildung und Stärke des Geruchs-Nerven im Widerspruche steht. Die Verbreitung und Fortpflanzuug der Gerüche im Wasser auf die in demselben befindliche Luft zurückzuführen [2] dürfte unnöthig seyn, indem gar kein Grund vorhanden ist, dieses Vermögen dem Wasser nicht unmittelbar beizulegen, wofür ohnehin Analogie und Erfahrung sprechen [3]. Uebrigens ist es schwer, das Vorhandenseyn des Geruchs bei den Fischen durch etwas anderes als daraus zu erweisen, dafs die Fischer sich oft starkriechender Köder mit Erfolg bedienen. Die Anwesenheit desselben bey den Insecten ist unzweifelhaft, indem sie ziemlich allgemein starkriechende Sachen scheuen, zugleich aber nach dem Geruche ihre Nahrung oder einen schicklichen Ort für ihre Eier suchen.

Das Riechen geschieht nur während des Einathmens von Luft, indem man auch über stark riechenden Substanzen so lange nichts riecht, als man nicht athmet, weil während dieser Zeit

1 Meckel Handbuch d. menschl. Anatomie. III. 752. IV. 142.

2 Nach Treviranus Biologie VI. 306.

3 Meine Physical. Abhandl. S. 434.

die Luft aus der Nase entweder ausströmt oder in derselben unbewegt bleibt, so daſs also keine äuſsere, mit riechbaren Stoffen erfüllte, eindringen kann. Schon hieraus geht hervor, daſs wirkliche Theile der riechenden Stoffe, fein verbreitet in der Luft, mit den Enden der Geruchsnerven in Verbindung kommen, und also auf gleiche Weise die Empfindung des Geruch's wie die des Geschmack's hervorbringen. Bei den meisten riechbaren Substanzen, z. B. den ätherischen Oelen der Blumen, dem Kampfer, Moschus u. a. m. ist factisch, bei einigen durch ihre Gewichtsabnahme, erwiesen, daſs sich Theile von ihnen losreiſsen, bei andern ist dieses weniger wahrnehmbar. Unbegreiflich scheint es, wie die Hunde, wenn sie die Spur eines Wildes oder noch mehr ihren verlornen Herren oft meilenweit durch Hülfe des Geruchs verfolgen, an allen Orten Theile desselben in ihren Geruchs-Sinn aufnehmen, wie diese überhaupt an den verschiedenen Oertern verbleiben und sich nicht mit denen von andern Personen vermischen sollten, und noch fast unbegreiflicher ist es anzunehmen, daſs Metalle, z. B. Kupfer, wenn sie an sich oder beim Reiben mit der Hand riechrn, ausdünsten sollten. Dieses berechtigt indeſs keineswegs dazu, mit verschiedenen berühmten Physiologen [1] eine bloſse Modification der Luft anzunehmen, indem dieses entweder nichts sagt oder mit bekannten Naturgesetzen streitet. Eben so wenig kann man die Entwickelung der Gerüche mit der Entwickelung des Lichtes oder gar des Schalles für gleichartig ansehen, indem letzterer eine mechanische Bewegung, ersteres aber nach überwiegenden Gründen sicher eine eigenthümliche, ätherartige, Substanz ist. Manche dürften allerdings geneigt seyn, zur Unterstützung jener Meinung diejenigen Erscheinungen anzuführen, welche Leslie [2] beobachtet haben will, nämlich daſs die Intensität der Gerüche durch einen hohlen Kegel eben so, wie die Schallwellen durch ein Hörrohr verstärkt werden sollen, desgleichen daſs ein Hohlspiegel sie nach gleichen Gesetzen, als die Strahlen des Lichtes und der Wärme concentrire. Letzteres wurde insbesondere daraus gefolgert, daſs der Saft eingeschnittener Erbsenblumen im Brennpuncte eines Hohlspiegels am frühesten grün wurde, wenn man demselben ein Gefäſs mit Ammoniak näherte. Beide

1 Rudolphi Phys. II. 111. Walther Phys. II. 277. u. a. m.

2 On heat and moisture. S. 44.

Phänomene, einstweilen vorausgesetzt, dafs sie vollkommen begründet sind, vermögen jedoch nicht, die gefolgerten Analogieen zu beweisen. Jenes würde nämlich überhaupt schon auf eine unrichtige Vorstellung von der Wirksamkeit des Hörrohrs führen [1], indem der Schall durch einen auch noch so weiten Kegel nicht verstärkt wird; vielmehr folgt aus mechanischen Gesetzen, dafs eine gröfsere Menge von Luft, und somit auch von beigemischten riechbaren Substanzen durch Anwendung des hohlen Kegels in Bewegung gesetzt und der Nase zugeführt wird, wenn man die Luft an der Spitze desselben einschlürft. Die Wirkungen des Hohlspiegels erklären sich aber leicht aus der Reflection der nie völlig ruhenden Luft, deren elastische Theile zusamt dem enthaltenen Ammoniak daher durch Zurückstofsung von der Fläche des Hohlspiegels im Brennpuncte desselben vereinigt werden mufsten. Ob zugleich eine Art von Wärmestrahlung, bei etwa höherer Temperatur des Ammoniaks, mitwirkend gewesen sey, ist ohne Wiederholung und genauer Prüfung des Versuches nicht wohl zu entscheiden. Sehr gegründet scheint mir endlich die durch G. G. Schmidt [2] aufgestellte Vermuthung, dafs der stärkere Geruch mancher Blumen des Abends, z. B. der Nachtviolen, eine Folge der Austreibung des riechbaren Dunstes derselben durch den eindringenden Wasserdampf aus der feuchteren Atmosphäre sey, wobei jedoch die Oeffnung der Poren durch die Feuchtigkeit der Luft und der Wasserdampf der letzteren selbst als Vehikel der riechbaren Substanzen mitwirkend seyn können.

Die Gerüche sind im höchsten Grade mannigfaltig, und lassen sich daher schwerlich unter bestimmte Classen ordnen. Noch viel weniger aber läfst sich die Meinung von der Anwesenheit eines allgemeinen, in besondern Fällen modificirten *Riechstoffes (spiritus rectus* oder *aroma)* vertheidigen, welche sich seit Boerhave bis Fourcroy erhalten hat [3], von Hermbstedt aber genügend widerlegt ist [4]. Wenn man dagegen die Fein-

1 S. *Höhrrohr.*

2 Hand- und Lehrbuch d. Naturlehre S. 13.

3. Scherer J. III. 539 ff. Macquer chem. Wört. VI. 325. v. Crell chem. Ann. 1799. II. 38. Hildebrandt Anfangsgr. d. Chm. III. 895 u. 958. Hagen Grundsätze d. Chem. S. 99. Fourcroy in Journ. de l'Ec. Pol. III. 82.

4 Magaz. d. Ges. nat. Fr. in Berlin. 1811. IV. S. III.

heit der riechbaren Ausflüsse, und die Geneigtheit auch fester Körper berücksichtigt, sich mit den berührenden Substanzen zu verbinden, so kann man unbedenklich die Ursache des Geruches auf feine Ausströmungen zurückführen [1].

Die Gerüche sind theils angenehm, theils indifferent, theils widerlich in verschiedenen Graden hauptsächlich der Stärke, indem alle zu starke unangenehm werden. Nicht bloſs nervenschwache, sondern selbst die stärksten Personen können durch zu starke Gerüche bis zu Ohnmachten gereizt werden, und ekelhaften Gerüchen widersteht nicht leicht jemand, hauptsächlich wegen der physischen und psychischen Verbindung derselben mit dem Geschmacke. Auch der Geruchs-Sinn, so wie der des Geschmacks, ist nicht ganz frei vom physischen Einflusse, weswegen die Menschen durch ihre eigenen übelen Gerüche weniger lebhaft afficirt werden, als durch fremde, auch stumpft die Gewohnheit beide Sinne ab.

Der Geruchsinn entwickelt sich beim Kinde viel später als der Geschmacksinn, wird aber leichter abgestumpft oder geht durch anhaltende Krankheit der Nasenschleimhaut leicht verloren [2]. *M.*

Geschmack.

Das Schmecken; *Gustus*; *gustatus*; Gout; *Taste*; bezeichnet denjenigen Sinn, durch welchen das zu Schmeckende oder das Schmackhafte der Körper (*sapor*, saveur), dem gemeinen Sprachgebrauche nach gleichfalls Gescmack genannt, wahrgenommen wird. Das Werkzeug dieses Sinnes ist die Zunge

1. Vergl. Fourcroy in Ann. de Chim. XXVI. 232. Scherer J. III. 544. vorzüglich Prevost in Ann. de Chim. XL. 1 ff. welcher den Ausströmungen eine bewegende Kraft beilegt. Vergl. *Adhäsion*. Daſs einige Metalle beim Reiben mit der Hand riechen, läſst sich vielleicht aus der Verbindung eines ammoniakalischen Dunstes aus der letzteren mit einigen Partikeln der ersteren erklären.

2 Ant. Scarpa Anatomicae disquisitiones de auditu et olfactu. Mediol. 1795. fol. deutsch. Nürnb. 1810. 4. S. Th. Sömmerring Abbildung der menschlichen Organe des Geruchs. Frkf. 1809. fol. Rudolphi Grundriſs d. Physiol. Th. II. Berl. 1823. 101. ff. Treviranus Biologie. VI. 251. Vorzügl. Osphrésiologie, ou Traité des Odeurs cet. par Hippol. Cloquet. sec. ed Par. 1821. 8.

und der Gaumen, oder eigentlicher die hier verbreiteten Nerven, und insofern, diese nur durch die unmittelbare Berührung der sie afficirenden Körper ihre Thätigkeit äufsern, so gehört der Geschmacksinn unter die allgemeine Classe der Gefühle und zu den niederen Sinnen. Ueber die Nerven desselben sind die Physiologen nicht ganz einig [1]. Die meisten nehmen an, dafs der *Geschmacks-* oder *Zungen-Nerv (N. lingualis)* oder der *Zungenschlundkopf-Nerv (N. glossopharyngaeus)* in die verschiedenen Geschmackwärzchen *(papillae filiformes, conicae, fungiformes seu capitatae, vallatae)*, welche mit einer zarten Haut bedeckt sind, übergehen, und das Schmecken hervorbringen. Durch die Einwirkung der verschiedenen Substanzen auf diese nämlich entsteht der Geschmack, welcher sonach vorzüglich auf der Zungenspitze, zugleich aber auch auf ihrer ganzen Oberfläche, bis nach dem Schlunde hin, empfunden wird.

Gegen diese, seit Bellini [2] fast allgemein angenommene Meinung hält Treviranus [3] die Wärzchen vorzüglich für Tastorgane, um vermittelst derselben die nachtheiligen Gegenstände zu fühlen, dabei sollen sie zugleich auch Einsaugungsorgane seyn, so dafs sie hierdurch allerdings das Schmecken, sofern dasselbe überhaupt vermittelst der schwammigen, mit einer lockeren, leicht durchdringlichen, Haut überzogenen Zunge geschieht, befördern, jedoch diesemnach nur mittelbar wirken. Hierbei ist es sehr merkwürdig, dafs die nämlichen Substanzen oft eine verschiedene Empfindung an den entgegengesetzten Enden der Zunge hervorbringen, oder dafs einige Geschmäcke nur an einer Stelle an der Spitze oder dem hinteren Theile der Zunge empfunden werden, weswegen man in so vielen Fällen einen eigenthümlichen *Nachgeschmack* wahrnimmt. Namentlich scheint der Geschmack bitterer Stoffe blofs auf dem hinteren Theile der Zunge wahrgenommen zu werden, wenn anders die dort befindlichen Wärzchen und Nerven nicht überhaupt das Schmecken bedingen, die auf der Zungenspitze dagegen mehr einen Tastsinn nach Treviranus bilden. Auf allen Fall ist es wohl

1 Treviranus Biologie VI. 234.

2 Gustus organum novissime deprehensum. Bonon. 1665. Ej. Exercitationes anatomicae de structura et usu renum et de gustus organo. Lugd. Bat. 1711. 4.

3 Biologie VI. 230.

unzweifelhaft, daſs eine Verschiedenheit oder ein Gegensatz zwischen den Papillen der Zungenspitze und dem hinteren Theile der Zunge, oder zwischen dem Zungennerven und dem Zungenschlundnerven anzunehmen sey [1]. Daſs das Schmecken auch mit andern Theilen des Mundes, namentlich dem Gaumen und den Lippen geschehen könne, haben viele, unter andern Blumenbach [2] und Treviranus [3], angenommen, andere dagegen, namentlich Rudolphi [4] in Zweifel gestellt, indem letztere die für die Behauptung der ersteren entscheidenden Beobachtungen auf den Geruchs-Sinn zurückzuführen geneigt sind. Daſs eine sehr innige Verbindung zwischen dem Sinne des Geruchs und Geschmacks statt finde, ist keinem Zweifel unterworfen [5] und so scheint es mir denn gleichfalls, daſs auf keinen Fall durch die Lippen, aber auch nicht durch den Gaumen ein eigentliches Schmecken stattfinde.

Unter allen Thieren ist bei dem Menschen das Organ des Geschmacks am meisten ausgebildet, indem die übrigen sämmtlichen Thierclassen entweder gar nicht schmecken, wie muthmaſslich die Fische, Amphibien, Insecten und Würmer, oder unvollkommen, wie aus der dickeren Bedeckung ihrer Zunge namentlich bei den Gras fressenden Thieren und aus den hornartigen Hüllen der Papillen bei manchen Raubthieren genügend hervorgeht [6]. Selbst bei den Hunden ist der Geschmacksinn sehr unvollkommen, denn verwöhnte Schoſshündchen fressen Brodt, wenn man es ihnen so darreicht, daſs sie ein zugleich vorgehaltenes Stück Fleisch durch den Geruch wahrnehmen.

Die Wärzchen der Zunge werden beim Hunger und beim Schmecken mehr aufgeregt, und zeigen gröſsere Turgescenz, erfordern aber, um gereizt zu werden, unmittelbare Berührung und den Zustand der Feuchtigkeit, indem die trockene Zunge nicht schmeckt. Ferner werden die verschiedenen Substanzen im Allgemeinen nur dann geschmeckt, wenn sie in Speichel

1 H. F. Autenrieth Handbuch der empirischen menschlichen Physiologie. Tübing. 1801. u. 2. III Th. 8. III. 112.

2 Vergl. Anat. 2te Ausg. S. 337.

3 Biol. VI. 226.

4 Grundriſs d. Physiol. II. 93.

5 Vergl. *Geruch*.

6 Die entgegengesetzte Behauptung findet sich bei Dumas: Principes de Physiol. 2me ed. Par. 1806. IV Vol. 8. III. 448.

aufgelöst oder damit vermengt mit den Papillen in Berührung kommen. Ob diese letzteren aber unmittelbar durch die Berührung gereizt werden, und auf diese Weise eine Empfindung erregen, oder ob eine chemische Einwirkung anzunehmen sey; ist schwer zu entscheiden. Bei manchen Substanzen, z. B. den fetten Oelen, ist nur eine geringe Auflösung im Speichel, und sonach schwerlich ein chemischer Einflufs auf die nassen Papillen anzunehmen, ohne dafs dieses jedoch berechtigt, die Wirkungtart der Geschmacksnerven auf blofse Berührung, wie beim Tastsinne zurückzuführen. Rein chemisch kann indefs der Procefs gleichfalls nicht seyn, und es bleibt also auch hier, wie überhaupt bei der Erklärung der Nerventhätigkeit noch vieles dunkel.

Es giebt höchst mannigfaltige und in ihren einzelnen Modificationen fast unzählbare Arten der Geschmäcke, welche von manchen Individuen, z. B. Weinkennern bei der Unterscheidung der Weine und von Pharmazeuten bei der Bestimmung der Ingredienzien mancher Arzneien bis ins Unglaubliche unterschieden werden. Es ist daher unmöglich, sie alle einzeln zu bezeichnen, und man vermag nur gewisse allgemeine Classen anzugeben, wie dieses unter andern durch Linné [1] geschehen ist. Kinder lieben meistens das Milde, und dieses ist in der Regel der Fall beim weiblichen Geschlechte, der Mann dagegen giebt mehr dem Scharfen und Aromatischen den Vorzug, das Alter kehrt zuweilen zum Milden zurück; im Allgemeinen aber hat die Gewohnheit auf den Geschmack einen sehr grofsen Einflufs.

Der Geschmack gewährt endlich nicht blofs Vergnügen, sondern nützt auch durch den Widerwillen gegen schädliche Substanzen, welche zu erkennen er gleichfalls dient. Er dauert unter den Sinnen oft ungeschwächt bis in das späteste Alter [2].

M.

1 Sapor medicamentorum. In Amoen. Acad. II. 365. ff.

2 Th. Sömmerring Abbildungen der menschl. Organe des Geschmacks und der Stimme. Frankf. 1806 fol. Grundrifs der Physiol. von Rudolphi. Berl. 1821. II. 87. ff. Treviranus Biologie Th. VI. S. 225. ff.

Geschwindigkeit.

Celeritas; *Velocitas*; Vitesse; *Velocity*; *Celerity*; *Swiftness.*

Der Begriff der Geschwindigkeit wird erst dann gegeben, wenn eine Bewegung vorhanden ist, und entsteht aus der Vergleichung des von einem Körper durchlaufenen Raumes mit der Zeit, welche hierzu erfordert wird. Es war daher unvermeidlich, diesen Gegenstand bei der Untersuchung der Bewegungsgesetze zugleich mit abzuhandeln, und dieses um so mehr, als man mehrere Prädicate der Geschwindigkeit beilegt, welche eigentlicher der Bewegung zugehören, z. B. gleichmäſsige, ungleichmäſsige, gleichmäſsig und ungleichmäſsig beschleunigte u. s. w. Hier wird es also genügen das Wesentlichste von demjenigen, was in der Physik über die Geschwindigkeit der Bewegungen aller Art festgesetzt ist, anzuführen und dabei auf dasjenige, was der Art. *Bewegung* bereits enthält, zu verweisen. Auſserdem aber kommen die Geschwindigkeiten verschiedener Substanzen, z. B. des Lichtes, der Wärmestrahlung, der Elektricität, der Geschützkugeln und vieler anderer einzeln zur Untersuchung.

Zuvörderst muſs im Allgemeinen wiederholt werden, daſs es für die Geschwindigkeit kein absolutes Maſs giebt, wie für die beiden Bedingungen derselben, nämlich für die Zeit und den Raum, und in diesem Sinne fällt dann der Ausdruck einer absoluten Geschwindigkeit weg. Indeſs unterscheidet man dennoch, und zwar wegen des Gegensatzes nothwendig, eine *absolute* und eine *relative* Geschwindigkeit. *Absolute* Geschwindigkeit heiſst dann der absolute Raum, welchen ein Körper in einer gleichfalls absoluten Zeit zurückgelegt hat, oder die absolute Geschwindigkeit wird dann gegeben, wenn man die Gröſse der von einem Körper in einer gegebenen Zeit durchlaufenen Weges an und für sich und ohne Vergleichung mit diesen Gröſsen bei irgend einem anderen Körper nimmt. Alle Geschwindigkeiten an und für sich selbst sind diesemnach absolute, dagegen nennt man sie *relativ*, wenn sie unter sich verglichen werden, also wenn zwei Körper sich einander nähern, oder von einander entfernen, wobei auch einer von beiden ruhen kann. Wenn sich z. B. zwei Körper, der eine mit 2 F. Ge-

schwindigkeit in einem gleichen Zeitraume, der andere mit 6 F. Geschwindigkeit bewegen, so ist die relative Geschwindigkeit, womit sie sich einander nähern oder von einander entfernen, = 8 F. in der Zeiteinheit; wenn sie sich aber in der nämlichen Richtung bewegen, so ist die relative Geschwindigkeit nur = 4 F. und es würde also die doppelte Zeit erfordern, wenn sie sich einander nähern sollten [1]. Das ganze Problem, wann zwei mit ungleichen Geschwindigkeiten bewegte Körper zusammenkommen, führt auf eine bekannte algebraische Aufgabe. Man nennt diese Geschwindigkeit auch die *respective*.

Da es kein absolutes Mafs der Geschwindigkeiten giebt, so kann man in dieser Beziehung auch von keiner Bewegung sagen, sie sey eine absolut geschwinde oder langsame, und Biot [2] sagt mit Recht, dafs es nichts an sich langsames oder geschwindes, eben so wenig als grofses oder kleines giebt, indem alle Bestimmungen hierüber relativ sind [3]. Um so interessanter ist es, verschiedene Geschwindigkeiten neben einander zu stellen und zur leichteren Uebersicht auf ein gemeinschaftliches Mafs des Raumes und der Zeit zu reduciren, wie dieses unter andern durch Scholz [4] sehr vollständig geschehen ist. Wenn demnach 1 Sexagesimalsecunde als Einheit genommen und der in dieser zurückgelegte Raum in Pariser Fufs ausgedrückt wird, so erhält man folgende Vergleichung der verschiedenen Geschwindigkeiten.

	Fufs.
Mittlere Geschwindigkeit der Flüsse	3 bis 4
— — — Donau . . .	5 — 6
— — des Amazonenflusses . .	7,3
— — der Linth . . .	11,6
Der schnellsten Ströme selten	12,5
Des Wassers im Bagnithale [5] etwa	32,0

1 Hutton Dict. Art. Velocity.

2 Traité III. 148 . . . il n'y a rien en soi de lent ou de rapide, non plus de grand ou de petit.

3 Vrgl. *Bewegung* Th. I. S. 929.

4 Anfangsgründe d. Physik 3te Aufl. Wien. 1827. S. 20. Bei den Abänderungen der aus jener Tabelle entnommenen Gröfsen bin ich guten Autoritäten gefolgt, worüber an gehörigen Orten Rechenschaft gegeben wird.

5 G. LX. 331. LXII. 108.

	Fuſs.
Des Windes bei mäſsiger Stärke	10,0
Des Sturmes	50,0
Der heftigsten Orkane [1] höchstens	120,0
Des Schalles in der Luft bei 0° C. Temperatur	1022,2
Der in den leeren Raum stürzenden atmosph. Luft	1200,0
Ein mit der Hand kräftigst geworfener Stein etwa	50,0
Einer Bleikugel aus einer Windbüchse mit hundertfach comprimirter Luft, höchstens	654,0
Einer Büchsenkugel höchstens etwa	1500,0
Einer 24pfünd. Kanonenkugel höchstens	2300,0
Ein Punct der Erdoberfläche unter dem Aequator	1431,5
Des Mittelpunctes der Erde in ihrer Bahn um die Sonne	94825,0
Einer Schnecke	0,005
Einer Fliege beim gewöhnlichen Fluge mit angeblich 600 Flügelschlägen in 1 Sec.	5,0
Derselben, wenn sie gejagt wird und 4000 Flügelschläge in 1 Sec. machen soll	29,2
Des Falken, welcher von Fontainebleau bis Malta in weniger als 24 Stunden flog	71,3
Eines Adlers, welcher 15 Meilen in einer Stunde zurücklegen soll	95,2
Einer Brieftaube, welche 50 Meilen in 2,25 Stunden zurückgelegt haben soll	141,0
Einer anderen Brieftaube, welche in 5 Stunden von Lyon nach Lüttich (125 Lieues) flog	95,2
Eines Pferdes vor einem Fiacker	12,0
Der Rennthiere vor einem Schlitten	25,0
Des Luftballons, welcher von Paris nach Rom = 176 Meilen in 22 Stunden flog	50,6
Eines geübten Schlittschuh-Läufers	36,0
Des gewöhnlichen Wallfisches (19 engl. Meilen in einer Stunde)	12,3
Der balaena physalis (12 engl. Meilen in 1 Stunde)	16,5
Eines schwimmenden Eisbären (1 Lieue in 1 Stunde)	3,8
Eines Windhundes	78,0

1 Es gibt über die Geschwindigkeit der Luft bei Orkanen noch höhere Angaben, allein es ist die Frage, ob sie richtig sind.

	Fuſs.
Der englischen Rennpferde, bei denen man 1 engl. Meile auf 2 Minuten rechnet	41,3
Des berühmten Rennpferdes Sterling oder Eclipse, welches um 2000 Lstl. verkauft wurde und bei einem Sprunge 19 F. zurücklegte	78,0
Ein Kameel, welches 12 bis 15 Meilen des Tags zurücklegen kann, eine Meile auf eine Stunde gerechnet	6,3
Schnellsegelnde Schiffe legen den Weg von Calais nach Cork, eine Strecke von 500 engl. Meilen in 48 Stunden zurück, dann ist die Geschwindigkeit	14,0
Wenn man annimmt, daſs ein rasch gehender Fuſsgänger zwei Schritte in einer Secunde macht, und mit jedem Schritte $2\frac{2}{3}$ F. zurücklegt, so ist seine Geschwindigkeit in 1 Secunde	5,3
und er würde eine geographische Meile in etwas weniger als $1\frac{1}{4}$ Stunde zurücklegen.	

Unglaubliche Geschwindigkeit mit Ausdauer verbunden, haben in den neuesten Zeiten manche Wettläufer bewiesen. So lief Farguharson am 13ten Nov. 1821 im Hyde-Park eine englische Meile in 246 Secunden, in 4 Absätzen mit jedesmal 5 Minuten Ruhe, welches eine Geschwindigkeit = 20,1 F. in 1 Sec. giebt, die engl. Meile zu 4956,6 Par. F. gerechnet. Duttry legte auf schlüpfrigem Wege 5 engl. Meilen in 28 Min. 45 Sec. zurück, also mit einer Geschwindigkeit von 14,3 F. in 1 Sec. Conyngham ging in 53 Stunden einen Weg von 200 engl. Meilen, also gar keine Ruhezeit angenommen 5,2 F. in 1 Sec. Lieutenant Haberden ging am 18ten Nov. 1822 von Canterbury nach London, 57,5 engl. Meilen, in 10 Stunden, also 7,9 F. in 1 Sec. Ein Canadischer Indianer legt mit einer Last von 70 ℔. täglich 7 Meilen zurück, ein Eilbote aber 16 Meilen.

Unter den Thieren ist die Geschwindigkeit und Ausdauer der Raubthiere, hauptsächlich in den asiatischen und africanischen Wüsten, deſsgleichen des wilden Esels, der Giraffe, des Vogels Straus, wenn sie verfolgt werden, sehr ausgezeichnet, vielleicht aber wird kein Thier hierin den Hund übertreffen. Man sieht dieses schon am gezähmten gewöhnlichen Hunde, dem Jagdhunde und Windhunde, hauptsächlich aber und bis zum Erstaunen am Schlittenhunde der nördlichen Völker. Nach-

richten hierüber enthalten unter andern vorzüglich die Reisebeschreibungen von Müller und Cook, aus denen Scoresby[1] einige ausgezeichnete Fälle entlehnt. Unter andern fuhr ein Schlitten mit Hunden vom Peter-Pauls-Hafen auf Kamtschatka nach Bolsherietzkoi hin und zurück, und legte somit eine Strecke von 270 engl. Meilen in 3½ Tagen zurück, welches für 1 Sec. eine Geschwindigkeit von 4,4 F. giebt, wenn man gar nichts für die Zeit der Ruhe rechnet, diese aber nur als die Hälfte der ganzen Zeit angenommen, 8,8 F. Der Major Behm, Gouverneur von Kamtschatka, versicherte übrigens, dafs nicht selten derselbe Weg in 2½ Tage zurückgelegt werde, welches eine Geschwindigkeit von 6,2 F., und auf die Zeit der Ruhe gerechnet von 12,4 F. giebt; einmal sollte aber die Hälfte dieses Weges in 23 Stunden zurückgelegt seyn, welches etwas über 8 F. in einer Secunde, ohne auf die Ruhezeit etwas zu rechnen, beträgt. Noch auffallender aber ist was Müller erzählt, dafs 1714 der Cosak Markoff einen Weg von 800 engl. Meilen in 24 Tagen zurücklegte, welches ohne Rücksicht auf Ruhezeit eine Geschwindigkeit von fast 2 F. auf 1 Sec. giebt, und nicht sowohl die Schnelligkeit, als vielmehr die Ausdauer jener Hunde beweiset. Dabei gingen ihm zuletzt die Lebensmittel aus, so dafs mehrere seiner Hunde vor Hunger und Ermüdung umkamen, und den Uebrigen zur Nahrung dienten. Seine stärkeren Tagereisen betrugen 80 bis 100 Werste, welches den Tag zu 12 Stunden gerechnet 7,6 F. für die Sec. beträgt. Parry[2] erzählt von den arktischen Hunden, dafs neun derselben mit einer Last von 1611 ℔. (auf Schlitten) 1750 Yard in 9 Minuten zurücklegten, welches eine Geschwindigkeit von 9,3 Par. F. in einer Secunde beträgt.

Die Geschwindigkeit ist ferner entweder eine gleichbleibende oder veränderliche, und im letzteren Falle entweder eine verminderte oder beschleunigte, welche beide wieder gleichmäfsig oder ungleichmäfsig, und selbst in dem verschiedensten Wechsel vermindert oder beschleunigt seyn können. Indem diese Untersuchung aber gänzlich mit der über die Bewegungs-

1 An Account of the Arctic Regions. Lond. 1820. II Vol. 8. I. 58.

2 Edinb. Journ. of Science. I. 188.

gesetze bereits angestellten zusammenfällt, so verweise ich hier bloſs auf jene.

Sehr häufig wird von einer *Anfangs-* und einer *End-Geschwindigkeit* geredet, und zwar hauptsächlich, wenn die Geschwindigkeit der Bewegung eines durch groſse Kräfte bewegten Körpers durch den Widerstand des Mittels, in welchem er sich bewegt, fortwährend abnimmt, oder wenn die Bewegung aus dem Zustande der Ruhe durch stetig wirkende Kräfte entsteht, und daher mit Rücksicht auf das Gesetz der Trägheit stets beschleunigt wird. Die Untersuchung der Anfangs- und Endgeschwindigkeit kommt daher bloſs bei solchen Bewegungen vor, welche nach einem bestimmten Gesetze zunehmen oder abnehmen, und wobei im letzteren Falle ein Zustand der Ruhe erfolgt, im ersteren aber ein Uebergang zur gleichmäſsigen Bewegung eintreten kann, wenn der Widerstand des Mittels mit der beschleunigten Geschwindigkeit wächst, so daſs beide zuletzt einander gleich werden. Insbesondere kommt die Anfangsgeschwindigkeit der Geschützkugeln bei den ballistischen Problemen in Betrachtung, weil durch diese sowohl die Höhe als auch die Weite des Wurfes hauptsächlich bedingt wird, die Untersuchung ihrer Endgeschwindigkeit gehört eben dahin als Grundlage zur Bestimmung des Effectes der geworfenen Körper, wobei alsdann für die Berechnung eine bestimmte Zeit der Bewegung oder ein bestimmter durchlaufener Raum angenommen wird; beides ist im Art. *Ballistik* bereits erörtert. Weniger die Anfangsgeschwindigkeit (weil man dieselbe meistens $=0$ setzt), mehr aber die Endgeschwindigkeit kommt ferner in Betrachtung bei solchen Körpern, welche durch die stetig wirkende Kraft der Schwere in eine gleichmäſsig beschleunigte Bewegung versetzt werden oder fallen, es mag dieses Fallen ein freies oder auf vorgeschriebener Bahn, z. B. auf der geneigten Ebene oder in einer bestimmten Curve geschehen, wovon daher bereits in den Artikeln *Fall* und *Ebene, geneigte,* die Rede war; auch ist der Uebergang einer beschleunigten Geschwindigkeit in eine gleichmäſsige, bei Körpern, welche im lufterfüllten Raume frei herabfallen, bei der Untersuchung des ballistischen Problems schon berücksichtigt, wird auſserdem im Artikel *Widerstand der Mittel* nochmals näher betrachtet werden, und es genügt daher hier eine bloſs allgemeine Andeutung des Gegenstandes. Ist ferner die Geschwindigkeit eine gleichmäſsig beschleunigte

oder eine gleichmäſsig verminderte, so giebt das arithmetische Mittel aus der Anfangsgeschwindigkeit und aus der Endgeschwindigkeit die sogenannte mittlere Geschwindigkeit, und man kann es so ansehen, als ob der Körper sich mit dieser während der ganzen Dauer seiner Bewegung gleichmäſsig bewegt habe. Durchläuft z. B. ein fallender Körper in der ersten Zeitsecunde 15 F., in der zweiten 45 F., so ist, wenn man eine ganze Secunde als Zeiteinheit annimmt, seine Anfangsgeschwindigkeit $= 15$, seine Endgeschwindigkeit $= 45$ und seine mittlere $= 30$; denn hätte er sich mit dieser gleichmäſsig bewegt, so würde er in 2 Secunden $= 2 \times 30 = 60$ oder $15 + 45 = 60$ F. zurückgelegt haben [1].

Es giebt eine gewisse Geschwindigkeit, welche sehr allgemein und namentlich bei unzähligen Problemen der Mechanik als Normalgeschwindigkeit angenommen wird, und daher noch kurz erwähnt werden muſs, nämlich diejenige, welche ein frei fallender Körper in einer Sexagesimalsecunde, als Zeiteinheit angenommen, erhält. Wenn nämlich der Widerstand der Luft nicht statt findet, so fällt ein durch die Anziehung der Erde aus dem Zustande der Ruhe in Bewegung gesetzter oder fallender Körper in der ersten Secunde durch einen Raum von sehr nahe genau 15 Par. Fuſs, und da die Schwere durch die der ganzen Erdmasse proportionale Anziehung erzeugt wird, folglich auch jene erstere unveränderlich seyn muſs, so lange die beiden letzteren nicht verändert werden, so eignet sich der durch die Schwere erzeugte freie Fall der Körper sehr gut zu einer Normalbestimmung der Geschwindigkeit im Allgemeinen. Zwar ist die Schwere und somit auch die Fallgeschwindigkeit der Körper nicht überall auf der ganzen Erde gleich [2], allein wenn auch diese kleine Verschiedenheit bei einigen feinen Messungen berücksichtigt werden muſs, so kommt sie doch in der ganzen technisch angewandten Mechanick gar nicht in Betrachtung, und man nimmt daher hierin allgemein 15 Par. F. als denjenigen Raum an, welchen ein frei fallender Körper in einer Secunde Sexagesimalzeit durchläuft, welcher dann sehr allgemein g, von einigen, namentlich französischen Gelehrten, auch $\frac{1}{2}$ g genannt wird. Wenn aber 15 F. als der in 1 Sec. durchlaufene

1 Vrgl. *Fall.* Oben S. 7.

2 Vrgl. *Schwere.*

Raum angenommen wird, so ist klar, daſs die mittlere Geschwindigkeit, womit dieser unter Voraussetzung einer stets gleichmäſsigen Geschwindigkeit durchlaufen seyn würde, der Zeit $= \frac{1}{2}$ Sec. zugehört, und daſs daher ein Körper mit der in einer ganzen Secunde erreichten Geschwindigkeit, diese als gleichmäſsig voraussetzt, den doppelten Raum oder 30 F. durchlaufen haben würde. Je nachdem man also jenen Raum von 15 F. entweder g oder $\frac{1}{2}$g nennt, ist die mittlere, einer Sexagesimalsecunde zugehörige, Fallgeschwindigkeit c entweder: $c = 2g$ oder: $c = g$. Man kann daher auch, wenn $t = 1$ Sec. ist, nach beiden Bezeichnungen $c = 2gt$ oder $c = gt$ setzen. Weil aber der Raum $= s$, welchen frei fallende Körper durchlaufen, dem Quadrate der Zeit proportional ist, oder $s = gt^2$; $(s = \frac{1}{2}gt^2)$ und also $t = \sqrt{\frac{s}{g}}$; $\left(t = \sqrt{\frac{2s}{g}}\right)$, so ist für jede in Sexagesimalsecunden gegebene Zeit der Fallgeschwindigkeit nach beiden Bezeichnungen

$$c = 2\sqrt{gs} \qquad\qquad c = \sqrt{2gs}$$

welche Normalgeschwindigkeit dann zur Vergleichung mit andern Geschwindigkeiten dient. Ist aber nicht der Raum $= s$ bekannt, sondern die dem freien Falle zugehörige Zeit, so darf man nur für den Werth von s die diesem gleiche Gröſse substituiren, und erhält dann wie oben:

$$c = 2gt \qquad\qquad c = gt$$

Es läſst sich in jedem vorkommenden Falle die Geschwindigkeit leicht durch Rechnung finden, inzwischen kann man auch die den verschiedenen Zeiten zugehörigen Geschwindigkeiten geometrisch construiren, und erhält dann die sogenannten *Scalen der Geschwindigkeit*, deren weitere Erörterung mir aber überflüssig scheint [1].

Der Ausdruck *Winkelgeschwindigkeit* (vitesse angulaire; *angular velocity*) muſs hier noch erwähnt werden, obgleich die Sache selbst im Artikel *Bewegung* [2] schon erklärt

1 S. Brandes Lehrbuch der Gesetze des Gleichgewichts und der Bewegung fester und flüssiger Körper. Leipz. 1818. II Vol. 8. II. 33.

2 Th. II. S. 967.

ist. In der Hauptsache kommt die Winkelgeschwindigkeit da in Betrachtung, wo irgend ein Punct (oder mehrere vereinte Puncte) eines Körpers sich um einen festen Punct bewegt, wie z. B. bei der oscillirenden Bewegung eines einfachen oder zusammengesetzten Pendels oder bei der Umdrehung irgend eines Körpers um eine feste Axe, wobei jeder einzelne Punct desselben einen Kreis beschreibt, dessen Ebene auf die genannte Axe normal ist. Die absolute Gleichheit der Entfernung dieses Punctes von der Axe, oder die Festigkeit der Axe selbst, um welche die Bewegung statt findet, ist keine nothwendige Bedingung für die Construction der Winkelgeschwindigkeit, indem es vielmehr schon genügt, wenn beide nur in Beziehung auf die Bewegung als fest gedacht werden können, wie sie denn z. B. bei der Bewegung des Mondes um einen Punct oder eine Axe in der Erde construirt werden kann, obgleich die Erde an und für sich nicht ruhet, vielmehr selbst eine gewisse Winkelgeschwindigkeit um einen Punct oder eine Axe in der Sonne hat. Das Wesen der Winkelgeschwindigkeit ist sehr einfach darzustellen. Indem nämlich die einzelnen Puncte des um eine feste Axe bewegten Körpers Kreise beschreiben, die Winkel aller Kreise von den verschiedensten Radien aber einander gleich sind, so beschreiben auch die einzelnen Puncte in gleichen Zeiten gleiche Winkel, und haben somit auch eine gleiche Winkelgeschwindigkeit. Weil aber die absoluten Geschwindigkeiten den durchlaufenen Räumen, bei der Kreisbewegung aber die durchlaufenen Räume oder Bogentheile den Radien direct proportional sind, so verhalten sich bei gleichen Winkelgeschwindigkeiten die absoluten Geschwindigkeiten direct wie die Radien, und die absoluten Geschwindigkeiten dividirt durch den Abstand von der Umdrehungsaxe geben eine constante Gröſse, welcher Quotient eben die Winkelgeschwindigkeit genannt wird. Uebrigens kann die Bewegung, wobei die Winkelgeschwindigkeit untersucht wird, eine gleichmäſsige oder eine ungleichmäſsige, und im letzteren Falle sowohl eine beschleunigte als auch eine verminderte seyn, auch ist nicht nothwendig, daſs die Bewegung des Körpers in einem Kreise geschieht, welche namentlich bei den Planeten und ihren Trabanten nicht statt findet, nur muſs der Theil des durchlaufenen Raumes, für welchen die Winkelgeschwindigkeit untersucht wird, in einer Ebene liegen, oder als darin liegend angenommen werden. Die hier mitgetheilte allgemeine

Andeutung genügt in unmittelbarer Beziehung auf den untersuchten Ausdruck; eine nähere Betrachtung derjenigen Bewegungen, bei welchen die Winkelgeschwindigkeit vorkommt, mit Rücksicht auf die bewegenden Kräfte und das erzeugte Moment der Bewegung, gehört in die Werke über die theoretische und angewandte Mechanik [1].

Der Ausdruck: *virtuelle Geschwindigkeit* (vitesse virtuelle; *virtual velocity*) und *Princip der virtuellen Geschwindigkeiten* ist schon im Art. *Bewegung* [2] in sofern erwähnt, als dieser Gegenstand mit den allgemeinen Bewegungsgesetzen in genauester Verbindung steht, inzwischen erfordert die Vollständigkeit, hier nochmals darauf zurückzukommen, und nachzuweisen, in wiefern die Sache mit der Bezeichnung übereinstimmt.

Dasjenige, was die neueren Geometer unter virtuellen Geschwindigkeiten verstehen, und zur Auflösung oder Erläuterung sehr vieler statischen und auch mechanischen Probleme benutzen, findet sich vielleicht schon in den Schriften des Galilei [3] angedeutet, genauer und als höchst fruchtbar für die Statik wurde dasselbe aber erkannt durch Joh. Bernoulli, welcher seine Ansichten darüber im Jahre 1717 dem Pierre Varignon brieflich mittheilte, und dieser behandelte dann die Aufgabe zuerst ausführlicher [4]. Nach ihm wurde das Princip der virtuellen Geschwindigkeiten benutzt durch d'Alembert [5], in höchster Eleganz und als Grundlage der gesammten allgemeinen Mechanik aber findet sich dasselbe dargestellt durch Lagrange [6], welchem alle späteren Geometer gefolgt sind. Seitdem nämlich findet man eine Anwendung dieses Princips in verschiedenen

1 Sehr vollständig hierüber ist Poisson Traité de Mécanique. Par. 1811. II Vol. 8. II. 62 ff. Eine kurze Uebersicht der hierzu gehörigen Bewegungsgesetze findet sich im Art. *Bewegung*. Th. I. S. 967.

2 S. Th. I. S. 945.

3 Discorsi de Mecanica e Movimenti locali. Bologna 1655. Dial. III. prop. 2.

4 P. Varignon Nouvelle Mécanique. Par. 1725. II Vol. 4. Im 9ten Absch. erwähnt Varignon die durch Bernoulli erhaltene Mittheilung.

5 Traité de Dynamique. Par. 1743. 4.

6 Mécanique analytique. Par. 1811 u. 15. II Vol. 4. I. p. 8. ff.

Werken über die Statik und Mechanik fester Körper, z. B. von Eytelwein [1], von Prony [2], welcher dasselbe sehr ausführlich behandelt, und auch in dem Lehrbuche der Physik von Leslie [3], theils ist dasselbe für sich als analytisches Problem behandelt namentlich durch Viscovatov [4], Grafen G. von Buquoy [5] Fossombrony [6] und vielleicht durch andere, mir nicht bekannt gewordene Gelehrte. Carnot [7] verwirft die virtuellen Geschwindigkeiten, weil sie als verschwindend klein angenommen werden, und setzt an deren Stelle *geometrische Geschwindigkeiten.* Dem neuesten Anhänger dieses Princips, Lagrange [8], folgen, als hauptsächlich zu berücksichtigen, insbesondere La Place [9] und Poisson [10], dessen Darstellung

1 Handb. d. Statik fester Körper. Berlin 1808. II Vol. 8. I. S. 42 und 77.

2 Leçons de Mécanique analytique. Par. 1815. II Tom. 4. I. p. 36. p. 199 ff.

3 Elements of Natural Philosophy. Edinb. 1823. T. I. p. 110 u. a. a. O.

4 Mém. de l'Acad. de Petersb. 1809. T. I. p. 175. Viscovatov findet es unzulässig, daſs La Grange das Princip der virtuellen Geschwindigkeiten auf Bewegungen durch verschwindend kleine Räume beschränkt. Soll dasselbe indeſs auch für Bewegungen auf einer krummen Oberfläche gültig seyn, so ist dieser Zweck nothwendig.

5 Weitere Entwickelung und Anwendung des Gesetzes der virtuellen Geschwindigkeiten u. s. w. Leipz. 1814. 8.

6 Memoria sul Principio della velocita virtuale. 4to. Diese Schrift, welche sehr rar seyn soll, konnte ich nirgend erhalten.

7 Grundsätze der Mechanik u. s. w. Uebers. von C. S. Weiſs, Leipz. 1805. 8. S. XII u. 125 ff.

8 Das Princip der virtuellen Geschwindigkeiten, wird von La Grange, welchem alle übrigen folgen, wörtlich so ausgedrückt: Si un systême quelconque de tant de corps ou points, que l'on veut, tirés chacun par des puissances quelconques, est en équilibre, et qu'on donne à ce systême un petit mouvement quelconque, en vertu duquel chaque point parcoure un espace infiniment petit, qui exprimera sa vitesse virtuelle, la somme des puissances, multipliées chacune par l'espace que le point ou elle est appliquée, parcourt suivant la direction de cette même puissance, sera toujours égale à zero, en regardant comme positifs les petits espaces parcourus dans les sens des puissances, et comme negatifs les espaces parcourus dans un sens opposé. a. a. O. I. p. 22.

9 Méc. Cél. Liv. I. nach Poisson Traité de Méc. I. 251.

10 Traité de Mécanique. I. 231 ff.

J. A. Grunert [1] zum Grunde legt, jedoch in der Art, dafs er das Problem auf eine eigenthümliche Weise erläutert, und einen von ihm selbst aufgefundenen allgemeinen Beweis desselben aufstellt. Die Sache selbst ist im Wesentlichen folgende.

Wenn irgend ein, durch mehrere entgegengesetzte Kräfte sollicitirter Punct A vermöge des Gleichgewichts dieser Kräfte Fig. 205. sich im Zustande der Ruhe befindet, und es wird ihm die verschwindend kleine Bewegung A a mitgetheilt, so drückt diese Linie A a die virtuelle Geschwindigkeit des Punctes A aus. Fället man das Perpendikel a p auf die Richtung der einen von den ihn sollicitirenden Kräften, so ist A p die virtuelle Geschwindigkeit des Punctes A in Beziehung auf die Richtung der Kraft P, welche also in diesem Falle positiv ist, negativ dagegen, wenn Fig. 206. die Bewegung der Richtung jener Kraft entgegengesetzt ist. Um diese Sätze allgemeiner auszudrücken, seyen X; Y; Z die drei Fig. 207. Coordinatenaxen zur Bezeichnung der Puncte im Raume, m A; m′ A′; m″ A″ die Richtungen der verschiedenen Kräfte, die in den Puncten m; m′; m″ angebracht sind, und diese, welche auf irgend eine Weise unveränderlich mit einander zusammenhängen, zu bewegen streben; wobei es der Fall seyn kann, dafs einige dieser Puncte auf gegebenen geraden oder gekrümmten Oberflächen zum Theil ruhen, andere ganz unbeweglich sind. Wird dann diesem Systeme von Puncten eine verschwindend kleine Bewegung mitgetheilt, so dafs der Punct m nach n, der Punct m′ nach n′, der Punct m″ nach n″ rückt, so sind die verschwindend kleinen geraden Linien m n; m′ n′; m″ n″ die den Puncten m; m′; m″ zugehörigen virtuellen Geschwindigkeiten. Fället man aber von diesen Puncten n; n′; n″ die Perpendikel n a; n′ a′; n″ a″ auf die Richtungen der sollicitirenden Kräfte m A; m′ A′; m″ A″, so bezeichnen diese die virtuellen Geschwindigkeiten der Puncte m; m′; m″ rücksichtlich auf die Richtung der Kräfte. Werden dann die absoluten sollicitirenden Kräfte durch P; P′ P″ die virtuellen Geschwindigkeiten in Beziehung auf die Richtung dieser Kräfte durch p; p′; p″ bezeichnet, wobei also m a = p; m′ a′ = p′; m″ a″ = p″ sowohl positiv als auch negativ seyn können, so erhält man folgenden Ausdruck für das Princip der virtuellen Geschwindigkeiten: Wenn

1 Statik fester Körper. Halle 1826. S. 186 ff.

die Kräfte P; P′; P″.... im Gleichgewichte sind, so ist die Summe dieser Kräfte multiplicirt mit den ihnen zugehörigen virtuellen Geschwindigkeiten ihrer Angriffspuncte gleich Null; also im analytischen Ausdrucke

$$Pp + P'p' + P''p'' \ldots\ldots = 0.$$

Umgekehrt kann man auch sagen: Die Kräfte P; P′; P″.... sind im Gleichgewichte, wenn dieser analytische Ausdruck für alle verschwindend kleine Bewegungen gilt (also auch die auf vorgeschriebenen Bahnen), welche man dem Systeme der Angriffspuncte m; m′; m″.... geben kann.

Da es hier eines schulgerechten geometrischen Beweises des Princips der virtuellen Geschwindigkeiten, wie ihn z. B. Grunert[1] gegeben hat, nicht bedarf, der eigentliche Erfinder desselben in seiner neuesten Gestalt, Lagrange, dasselbe ohnehin als einen ersten Grundsatz der Statik aufgestellt hat, wofür es auch von La Place, Poisson und andern genommen ist, und die Gültigkeit desselben ohnehin leicht in die Augen fällt, so begnüge ich mich zu größerer Deutlichkeit seine Anwendung nur in einem einzigen Beispiele zu zeigen[2]. Es sey also der
Fig. geometrische Hebel DE gegeben, dessen Umdrehungspunct in
208. C liegt und auf welchen die Kräfte mA = P und m′A′ = P′ in den Angriffspuncten m und m′ wirken. Erhält dieser Hebel eine verschwindend kleine Bewegung, so rücken die Puncte m und m′ nach n und n′, und für den Zustand des Gleichgewichts findet die Gleichung statt

$$Pp + P'p' = 0$$

worin p und p′ die virtuellen Geschwindigkeiten in Bezug auf die wirkenden Kräfte P und P′ sind. Hierbei ergiebt sich, daſs die virtuellen Geschwindigkeiten in diesem Falle einander entgegengesetzt sind, und indem p positiv genommen wird, muſs p′ negativ seyn. Bei dieser Bewegung sind die Winkel mCn; m′Cn′ einander gleich, die durchlaufenen Bogen mn und m′n′ verhalten sich aber wie die Radien Cm und Cm′, und sie behalten das nämliche Verhältniſs, wenn sie verschwindend klein werden, so daſs man allezeit hat

$$mn : Cm = m'n' : Cm'.$$

Fället man die Perpendikel na; n′a′ auf die Richtungen der Kräfte

1 a. a. O. S. 192 ff.

2 Nach Poisson a. a. O. S. 233.

P und P′ oder ihre Verlängerungen, so hat man

$$p = ma\ ;\ p' = -m'a'.$$

Man fälle ferner die Perpendikel Cb; Cb′ auf die Richtung der bewegenden Kräfte oder ihre Verlängerung und setze Cb = q; Cb′ = q′. Werden dann die verschwindenden Bogentheile mn und m′n′ als geradlinige Perpendikel auf die Hebelarme Cm; Cm′ betrachtet, so sind die Dreiecke Cbm und mna; Cb′m′ und m′n′a′ einander ähnlich; woraus folgt:

$$ma = \frac{mn}{Cm}\,Cb\ ;\qquad m'a' = \frac{m'n'}{Cm'}\,Cb'$$

und also

$$p = \frac{mn}{Cm}\,q\ ;\qquad p' = -\frac{m'n'}{Cm'}\,q'.$$

Werden diese Werthe in die Gleichung für das Princip der virtuellen Geschwindigkeiten unter Voraussetzung des Gleichgewichts substituirt, und die nach dem oben angegebenen Verhältnisse, nämlich mn : Cm = m′n′ : Cm′, gleichen Factoren weggelassen, so erhält man:

$$Pq - P'q' = 0$$

woraus folgt, daſs die das Gleichgewicht beim Hebel gebenden Kräfte P und P′ im umgekehrten Verhältnisse der Perpendikel vom Unterstützungspuncte auf die Richtung der bewegenden Kräfte stehen, oder

$$P : P' = q' : q.$$

Ist also das Princip der virtuellen Geschwindigkeiten als durch sich begründetes Axiom zu betrachten, oder geometrisch vollständig bewiesen, so liefert es zugleich einen directen vollgültigen Beweis des bekannten, für den mathematischen Hebel gültigen Gesetzes.

Auſserdem kann bei den verschiedenen Untersuchungen der Mechanik die Geschwindigkeit der erzeugten Bewegungen noch verschieden bezeichnet werden, z. B. die *reducirte* Geschwindigkeit, wenn man dieselbe auf eine bestimmte Richtung oder Bahn eines Körpers bezieht, die *resultirende* Geschwindigkeit, welche aus verschiedenen zusammengesetzten Geschwindigkeiten entsteht u. dergl. m., allein diese Ausdrücke versteht man leicht ohne weitere Erklärung. Bei der Construction der Maschinen ist es ein Gegenstand groſser Wichtigkeit, zu bestimmen, mit welcher Geschwindigkeit sich die einzelnen Theile derselben bewegen. Allgemeine Untersuchungen hierüber hat

hauptsächlich Robison[1] angestellt, specielle Betrachtungen derselben in Beziehung auf die einzelnen Maschinen finden sich in den Werken über die praktische Mechanik, worauf ich hier verweisen mufs. Ein Werkzeug, womit allgemein die Geschwindigkeit einer bewegten Maschine gemessen werden soll, *Tachometer* genannt, erfüllt seinen Zweck nicht vollständig[2].

M.

Gesicht.

Sehen; *Visio*, *Visus;* Vision, vue; *Vision*, *sight*; bezeichnet diejenige Afficirung des Auges durch das Licht, vermöge welcher die lebenden Wesen die Anwesenheit des Lichtes und erleuchteter Gegenstände überhaupt wahrnehmen, insbesondere aber über Form, Gröfse, Entfernung, Farbe u. s. w. der äufseren Dinge zu urtheilen in Stand gesetzt werden. Zum eigentlichen Sehen ist daher nicht blofs das Auge in dem erforderlichen Zustande der Thätigkeit und eine genügende Stärke des Lichtes erforderlich, sondern auch dafs das eigenthümliche Licht selbstleuchtender Körper in das Auge dringe, und dafs die blofs erleuchteten auf die sogleich näher zu erläuternde Weise ein Bild im Auge erzeugen. Dafs irgend ein anderes Organ durch das Licht auf eine solche Weise afficirt werden könne, als erforderlich wäre, um die Functionen des Auges zu ersetzen; davon ist bis jetzt noch kein genügend begründetes Beispiel bekannt, und wenn gleich verschiedene Personen durch gesteigerte Empfindlichkeit des Gefühls die Beschaffenheit, Form und auch wohl Farbe vieler Gegenstände vermittelst des Betastens zu unterscheiden vermochten[3], so ist doch dieses keineswegs ein Sehen zu nennen; die zuweilen verbreiteten Erzählungen von einem wirklichen Sehen durch andere Organe sind aber bei genauerer Untersuchung stets falsch befunden[4]. Eine allgemeine Empfindlichkeit

1 System of mechanical philosophy. Edinb. 1822. IV Vol. 8. II. 232.

2 Vrgl. *Tachometer*.

3 S. *Gefühl*.

4 Das neueste Beispiel dieser Art ist das der Mac-Evoy S. Ann. of Phil. X. 286. Vrgl. G. LVIII. 224. Am bestimmtesten gegen so manche ungenügende Behauptungen der letzteren Zeit äufsert sich hierüber Rudolphi Grundr. d. Phys. II. 69.

des Gefühls aber, wovon z. B. DIGBY [1] erzählt, daſs er durch eine feine Empfindung heiteres Wetter von trübem genau unterscheiden könne, ist keineswegs ein Sehen zu nennen. Bei den verschiedenen Thierclassen zeigen sich mancherlei Modificationen des Sehens, welche aber hier nicht erörtert werden können, und der Physiologie überlassen bleiben, indem hauptsächlich nur von dem Afficirtwerden und der Thätigkeit des menschlichen Auges die Rede seyn kann.

Die Begriffe der Alten vom Sehen waren sehr unrichtig. Nach der Meinung der Platoniker und Stoiker gehen Lichtstrahlen vom Auge aus, treffen andere vom Objecte kommende, und dasselbe sichtbar machende Strahlen, und kehren von hier mit dem Gefühle der Gegenstände wieder zurück. Diese Meinung vertheidigte noch ROGER BACO [2]. Die Epikureer dagegen lieſsen kleine Bilderchen von den Objecten ausströmen, womit auch die Peripatetiker übereinstimmten, mit der Ausnahme, daſs die Bilderchen unkörperlich seyn sollten. ARISTOTELES sagte bloſs, es müsse ein unkörperliches Wesen das Sehen bedingen, und das durch das Auge Wahrgenommene sey nicht die Materie selbst, sondern nur ein Schein derselben, wie der Abdruck eines Siegels in Wachs. Letzterer Ausdruck wurde von seinen Schülern wörtlich genommen, und sie sagten daher, die Objecte machten einen Eindruck auf die zunächst liegende Luft, diese auf die angrenzende, und so fort bis zur Krystalllinse, welche ihnen das Hauptorgan des Sehens zu seyn scheint [3]. Diese Meinung erhielt sich sehr lange, namentlich beim ORIBASIUS [4], CELSUS [5] u. a. Die Meinung des ARISTOTELES stimmt mit der von CARTESIUS gehegten ziemlich überein; denn dieser glaubte, das Sehen werde vorzüglich erzeugt durch die Schwingungen eines im Auge befindlichen, durch das Licht erregten ätherischen Mediums, welche durch die feinen Nervenfasern dann zum Sensorium kämen, die Sonne drücke gegen den überall verbreiteten feinen Aether, und die hierdurch von den Objecten

1 Tractatus de natura corporum. C. 28 n. 7.

2 Opus maius. p. 289.

3 Hierin liegt eine Uebereinstimmung mit der Meinung derjenigen, welche das Sehen für gleichartig mit dem Hören halten wollen.

4 Opp. omn. ed. Rosarii. 3 Tom. Basil. 1557. 8. I. p. 32.

5 De Med. lib VII. c. 7. n. 13.

ausgehenden Schwingungen würden bis zum Sensorium fortgepflanzt.

Was das Auge rücksichtlich des Sehens leiste, und auf welche Weise dieses geschehe, darüber kann bei richtiger Kenntniſs der optischen Gesetze kein Zweifel obwalten. Im Allgemeinen ist das Auge als eine *camera obscura* anzusehen, wie zuerst J. B. Porta [1] fand. Indeſs kannte dieser den Bau des Auges nicht genügend, und hielt daher die Pupille für die Oeffnung, durch welche das Bild auf der Linse gebildet würde. Kepler [2] verbesserte diesen Irrthum dahin, daſs er die Netzhaut als die Wand annahm [3], auf welche die durch die Krystalllinse nach optischen Regeln erzeugten Bilder fielen, und seine Kenntniſs dieser Sache war so genau und vollkommen, daſs er auch die Wirkung der Hohl- und Convexgläser für kurzsichtige und weitsichtige Augen nachwies [4]. Eine unbestimmte Andeutung dieser Sache findet sich indeſs schon bei Vesali [5]. Obgleich hiermit die Sache vollständig erklärt war, so erwarb sich dennoch Scheiner im Jahre 1625 das groſse Verdienst, diese Wahrheit durch einen entscheidenden Versuch fester zu begründen, indem er vorzüglich an Augen von Ochsen und Schafen, aber auch an einem menschlichen Auge die hinteren Häute ablösete, und dann die Bilder der Gegenstände auf der Netzhaut wahrnahm [6].

Nach Kepler's richtiger Theorie werden die von den ge-
Fig. 209. sehenen Objecten ausgehenden Lichtstrahlen S S S in Gemäſsheit der Brechnungsgesetze für durchsichtige Medien mit krummer Oberfläche [7] nach ihrem Durchgange durch die durchsich-

1 De refractione, optices parte libri IX. Neap. 1583. 4.

2 Paralipomena ad Vitellionem. Frkf. 1604. 4. cap. 5. Diopt. prop. 60.

3 Ueber die Theile des Auges. S. *Auge.*

4 Klügel zu Priestley's Geschichte d. Optik. S. 68.

5 De humani corporis fabrica libri septem. Basil. 1543. Fol. p. 517.

6 Schotti Magia univers. p. 87. C. Scheiner Oculus, sive fundamentum opticum, in quo radius visualis eruitur, sive visiori in oculo sedes decernitur, et anguli visorii ingenium reperitur. Lond. 1652. 4. p. 176 ff.

7 S. *Brechung des Lichtes*, Th. I. S. 1129. und hauptsächlich *Linsengläser.*

tige Hornhaut in der wässerigen Feuchtigkeit der Axe des Auges zugebrochen, durchkreuzen sich in der Linse l, und erzeugen ein verkleinertes, verkehrtes Bild s s s auf der Retina. Insofern die Linse sich wirklich im Auge befindet, eine jede Linse aber von sehr weit im Verhältnifs ihrer Dicke entfernten Gegenständen ein Bild in ihrem Brennpuncte erzeugt, so mufs nothwendig auch die Linse des Auges ein Bild hervorbringen, welches den Messungen zu Folge gerade die Netzhaut trifft[1]. Dieses ist schon früher durch KLÜGEL [2] berechnet, am kürzesten und vollständigsten aber durch HUTTON [3]. Nach diesem ist in englischen Zollen [4] der Halbmesser der Krümmung der Cornea $= \frac{1}{3}$ Z. $= r$; das Verhältnifs des Sinus des Einfalls aus der Luft zu dem der Brechung in der wässerigen Flüssigkeit $= 4 : 3 = m : n$; und indem nun die Brennweite für parallele oder weit entfernte Strahlen $= \frac{mr}{m-n}$ ist, so giebt dieses für diese erste Brechung $1\frac{1}{3}$ Z. Die so convergirenden Strahlen erreichen die Krystalllinse, und würden also nach Abzug der Dicke der wässerigen Flüssigkeit in einer Entfernung von 1,228 Z. hinter derselben sich vereinigen. Es sind aber die Krümmungshalbmesser der Flächen der Krystalllinse, der vorderen $= \frac{1}{3}$ Z.; der hinteren $= \frac{1}{4}$ Z.; und das Verhältnifs des Sinus des Einfalls aus der wässerigen Flüssigkeit zum Brechungssinus in der Krystalllinse nach Versuchen $= 13 : 12$. Indem also $r = \frac{1}{3}$; $d = 1{,}228$; $m = 13$; $n = 12$ ist, so findet man die Brennweite hinter der vorderen Seite der Linse $= \frac{mdr}{md - nd + nr} = 1{,}02$ Z. Die convergirenden Strahlen erreichen die gläserne Feuchtigkeit hinter der Linse, deren Fläche concav mit einem Krümmungshalbmesser $= \frac{1}{4}$ Z. ist. Indem nun das Brechungsverhältnifs für diese $= 12 : 13$ ist, so giebt die nämliche Formel $\frac{mdr}{nd - md + nr}$ die Brennweite hinter der Linse $= 0{,}6$ Z.

1 MARTIN's New Elements of Optics. V. 80. Dessen Philosophia Britannica. Deutsch. Uebs. III. 35.

2 Priestley Gesch. d. Opt. S. 465. Vrgl. Olbers diss. de Oculi mut. int. p. 5.

3 Dict. I. 505.

4 Die Angaben der Dimensionen in Par. Z. S. *Auge*. am Ende.

nahe genau, wenn hierin nach Abzug der Dicke der Linse d = 0,82 gesetzt wird. Es ist nämlich die Dicke der Linse nahe genau = 0,2 Z., und die Entfernung derselben von der Retina gleichfalls durch Versuche nahe = 0,6 Z. gefunden, wonach also das Bild auf die Netzhaut fallen muſs.

Eine weiter unten vorkommende Frage über die Möglichkeit des Sehens unter Wasser veranlaſste mich vor einigen Jahren, den Abstand der Cornea von der Netzhaut nach den im Art. *Auge* angegebenen genauen Bestimmungen der Krümmungen und der lichtbrechenden Kraft der verschiedenen Theile des Auges zu suchen, woraus dann gleichfalls mit Evidenz hervorgeht, daſs die Bilder derjenigen Gegenstände, welche sich in 10 Par. Z. Abstand vom Auge befinden, die Netzhaut treffen müssen [1]. Ist nämlich in Par. Maſs

der Halbmesser der Cornea $= \varrho = 3''',75$
der Halbmesser der vorderen Linsenfläche . $= r = 3''',00$
der Halbmesser der hinteren Fläche derselben $= r' = 2''',50$
der Abstand der Linse von der Cornea . . $= a = 1''',25$
die Dicke der Linse $= b = 2''',00$
das Brechungsverhältniſs aus Luft in die wässerige Feuchtigkeit $= n : 1 = 1,337$
aus der wässerigen und gläsernen Flüssigkeit in die Krystalllinse $= m : 1 = 1,049$

so ist der Vereinigungspunct der in das Auge fallenden Lichtstrahlen bekanntlich

$$f = \frac{n d \varrho}{(n-1)\, d - \varrho}.$$

Um dann den Vereinigungspunct der auf diese Weise convergirenden Lichtstrahlen hinter der hinteren Fläche der Krystalllinse = z vermöge der Wirkung dieser letzteren zu finden, sey

$$x = f - a$$

und der der Kürze wegen

$$\frac{\alpha}{\beta} = \frac{m r r' - (m-1) r' b}{(m-1) m r - (m-1)^2 b + (m-1) r'}$$

so ist $z = \dfrac{\alpha x - r r' b}{\beta x - (m-1) r b + m r r'}$

1 Gilb. Ann. von Poggendorf LXXVIII. 261. Da dieser Gegenstand so oft in Betrachtung kommt, so trage ich kein Bedenken, die Hauptsachen aus jener Abhandlung hier herzusetzen.

und der Abstand der Netzhaut von der Cornea = z + a + b. Die numerische Rechnung giebt

$$f = 16''',3982 \; ; \; x = 15''',1482$$

$$\frac{\alpha}{\beta} = \frac{7,6225}{0,2779} \; ; \; z = \frac{100,467}{11,53824} = 8,707$$

also z + a + b oder der Abstand der Hornhaut von der Netzhaut = 11,957 Par. Duodecimallinien, welches so genau mit der Dicke des Auges übereinstimmt, als bei der Schwierigkeit in der Bestimmung der den Berechnungen zum Grunde liegenden Gröfsen nur erwartet werden kann [1].

In Uebereinstimmung hiermit haben nicht blofs Scheiner, sondern auch viele Anatomen späterhin Bilder der, vor dem Auge befindlichen, Gegenstände auf der Retina wahrgenommen, und namentlich hat Magendie [2] mit den Augen der Kakerlacken, weifsen Kaninchen u. a. Versuche dieser Art angestellt, bei denen die Abwesenheit des schwarzen Pigments der Choroiden die Wahrnehmung der Bilder auf der Retina gestattet. Bei so allgemein bekannten und unleugbaren Thatsachen verdient die Behauptung des Nic. Theod. Mühlibach [3] keine ernste Berücksichtigung, wenn er die Anwesenheit des Bildes auf der Retina ganz leugnet, noch weniger die Hypothese von Lehot [4], wonach das Bild nach den drei Dimensionen der Körper in der gläsernen Feuchtigkeit entstehen soll; vielmehr hat man seit Kepler im Allgemeinen nicht mehr gezweifelt, dafs das auf die angegebene Weise erzeugte Bild Ursache und Bedingung des Sehens sey.

Gegen diese Theorie erhob zuerst Mariotte [5] deswegen Zweifel, weil er die Stelle des Sehnerven, wo er ins Auge eintritt, unempfindlich fand. Schon 1668 wurden Versuche, um dieses zu beweisen, in Gegenwart des Königs von England angestellt. Man befestigt an einer dunkeln Wand in der Höhe

1 Eine Formel zur Berechnung der Brennweite der Krystalllinse mit Rücksicht auf die ungleiche Dichtigkeit ihrer Lagen von Pouillet findet sich in Bullet. de la soc. Philom. 1826. Jan. p. 6.

2 Mém. sur l'usage de l'épiglotte. Par. 1813. 8. p. 27—36. Précis élem. de Physiol. Par. 1816 u. 17. II Vol. 8. I. 59.

3 Inquisitio de visus sensu. Vindob. 1816. 8.

4 Brugnatelli Giorn., Dec. II. IV. 161.

5 Oeuvres. p. 496. Phil. Trans. T. II. J. 1668. p. 668 Acta Erud. 1683 p. 68.

des Auges ein rundes Papier; rechter Hand von demselben, etwa zwei Fuſs weit und etwas niedriger ein zweites, stellt sich dem ersteren gegenüber, blickt es mit dem rechten Auge, das linke geschlossen, gerade an, und bewegt sich langsam rückwärts, so wird, wenn man etwa bis 10 F. Abstand gekommen ist, das zweite völlig verschwinden. Picard und Le Cat haben diesen Versuch auf verschiedene Weise sinnreich abgeändert. Am häufigsten wurde derselbe, um beide Augen zugleich zu prüfen, auf folgende Weise angestellt. Man befestigste an eine dunkele Wand drei Stücke Papier B, A und C, die letzteren beiden etwas niedriger in einem Abstande von etwa zwei F.; stellte sich gerade vor das mittlere, ging allmälig, das eine Auge geschlossen, das andere seitwärts nach dem Papiere A oder C gerichtet, welches dem geschlossenen Auge gegenüber lag, bis etwa zur fünffachen Entfernung des Abstandes der Papiere von einander, rückwärts, und fand dann B verschwindend, während A und C beide sichtbar blieben. Man glaubte, daſs dann das Bild von B gerade die Stelle des Sehnerven bei seinem Eintritte in das Auge treffe, und wegen der Unempfindlichkeit desselben an dieser Stelle verschwinde. Man kann die Erscheinung auf eine noch einfachere Weise erhalten, wenn man zwei Puncte etwas über einen Zoll weit von einander auf Papier zeichnet, für das rechte Auge den rechts liegenden etwa eine Linie über der horizontalen Ebene des andern, und mit kleinen Puncten umgeben. Wird dann das linke Auge geschlossen, das rechte scharf auf den links liegenden Punct geheftet, und das Blatt Papier dem Auge bis etwa auf 5 Z. genähert, so verschwindet der rechts liegende Punct, aber nicht die kleinen ihn umgebenden [1]. Die Anwesenheit einer unempfindlichen Stelle der Netzhaut ist durch unzählige Wiederholungen dieses leichten Versuches bewiesen. Le Cat [2] und Dan. Bernoulli [3] suchten Ort und Gröſse derselben zu bestimmen. Letzterer fand, der Fleck sey ein Kreis $\frac{1}{7}$ vom Durchmesser des ganzen Auges haltend, und $\frac{7}{15}$ dieses Durchmessers von dem der Pupille gerade gegenüberliegenden Puncte abstehend. Träte der Sehnerv gerade in der Mitte des Auges ein, so würden wir

Fig. 210.

1 Vergl. Purkinje Beiträge zur Kenntniſs des Sehens in subjectiver Hinsicht. Prag. 1819. S. 70.

2 Traité des sens. Rouen, 1740. 8. S. 171.

3 Comment. Acad. Petr. 1. 314.

alle Gegenstände, seiner Meinung nach, durchlöchert sehen, so aber werde die Aufmerksamkeit vorzüglich auf die in der Mitte liegenden Gegenstände gerichtet, und auch beim Sehen mit einem Auge werde das, durch diesen Fleck verschwindende durch die Einbildungskraft supplirt. Die physische Ursache der Erscheinung erklärt sich indeſs nach RUDOLPHI [1] leicht daraus, daſs an dieser Stelle die Centralarterie beſindlich ist, folglich die Nerventhätigkeit fehlen muſs.

Inzwischen wollte MARIOTTE dieser Entdeckung wegen die Retina, zumal sie durchsichtig ist, für unempfindlich gegen das Licht erklären. Dagegen suchte er die Ursache des Sehens in der Aderhaut, welche er vorzüglich deswegen für empfindlich gegen das Licht hielt, weil die Iris, als Fortsetzung derselben, sich durch den Lichtreiz zusammenziehe [2]. MERY [3], LE CAT [4], MICHEL, WALKER REID [5], BRIGGS [6] u. a. traten dieser Meinung bei, und LE CAT wollte die dünne Hirnhaut überhaupt für den Sitz aller Empfindungen angesehen wissen. PECQUET [7], DE LA HIRE [8], PERRAULT [9] u. a. dagegen vertheidigten KEPLER's Meinung, weil die Nerven überhaupt Bedingung des Empfindens wären. HALLER [10] zeigte zuerst sehr gründlich, daſs MARIOTTE's Versuch nichts gegen die Thätigkeit der Retina beweise, indem an jener unempfindlichen Stelle überhaupt keine Retina, sondern eine weiſse cellulose Haut sey, welche immerhin unempfindlich gegen das Licht seyn könne, ohne daſs sich die Unempfindlichkeit der Netzhaut überhaupt daraus folgern lasse. Die Aderhaut sey dagegen zur Erzeugung einer Empfindung, wie die des Sehens, untauglich, weil sie nicht Nerven genug habe. ZINN [11]

1 Phys. II. 210.

2 Phil. Trans. IV. S. 1023.

3 Mém de l'Ac. 1704.

4 Traité des Sens p. 176.

5 Priestley Gesch. d. Opt. 149. ff.

6 Phil. Trans. II. p. 669.

7 Phil. Trans. XIII. 171.

8 Accidens de la vue. Par. 1694. Mém. de l'Ac. 1709. p. 94.

9 Phil. Trans. XIII. p. 265. Priestley Gesch. d. Opt. p. 146; wo die verschiedenen Gründe für und wider zusammengestellt sind.

10 Elementa Physiologiae corpor. hum. VIII. Vol. Laus. 1757 — Bern. 1766. 4. V. 477.

11 Descript. anat. oculi hum. p. 87.

bemerkt gleichfalls, daſs die Aderhaut keine Fortsetzung der dünnen Haut des Sehnervens sey, auch nicht mit der dünnen Hirnhaut unmittelbar zusammenhänge; vielmehr finde man beide durch ein zelliges Gewebe von einander abgesondert.

M. W. Plagge[1] läſst das Auge wie einen Spiegel wirken, und meint, das von demselben zurückworfene Bild sey das eigentliche Object des Sehens. Mit Recht bestreitet Mayer[2] diese abentheuerliche Meinung, worauf der Erfinder durch die gemeine Erfahrung geführt zu seyn scheint, daſs jedes Auge vermittelst seiner blanken Oberfläche als Kugelspiegel wirkt, und ein verkleinertes Bild der vor ihm liegenden Gegenstände reflectirt, welches nach bekannten optischen Gesetzen[3] scheinbar hinter die spiegelnde Fläche fällt. Allein abgesehen von dieser Täuschung könnte überall durch Spiegelung kein Bild ins Auge kommen, und könnte daher sowohl einerseits das Gespiegelte vom Auge überhaupt nicht gesehen werden, als auch anderntheils, wenn es die einzige und nothwendige Bedingung des Sehens wäre, das durch Amaurose und Katarakte verdunkelte Auge mit dem gesunden gleich gut sehen müſste, weil beide gleich vollkommen auf der Oberfläche spiegeln. Auch J. Reade[4] tritt dieser eben genannten Meinung mit der Modification bei, daſs die Nerven der Cornea dem Sensorium die Empfindung dieses Bildes geben sollen. Vorher sucht er noch mit weit mehr Dreistigkeit als Bescheidenheit gegen die vielen Anhänger der Kepler'schen Theorie diese letztere durch Gründe und Folgerungen aus Versuchen zu widerlegen, deren Unhaltbarkeit jedem gründlichen Optiker sogleich auffallen muſs. Eben so wenig haltbar ist aber auch Mayer's Hypothese[5], wonach das Auge als Hohlspiegel wirken soll, eine Idee, welche übrigens vorlängst schon Peiresc[6] gesagt, aber als unhaltbar wieder aufgegeben hat. Einestheils ist nämlich die Retina nichts weniger als hinlänglich blank, um durch Reflection ein Bild zu erzeugen, anderntheils müſste

1 Meckel's Archiv V. 97—105. VII. 213—220.

2 Ebend. VI. 55.

3 S. *Spiegel.*

4 Ann. of. Phil. XV. 260.

5 Meckel Arch. VI. 55.

6 Vita Nic. Claud. Peirescii auct. P. Gassendo. Hag. 1655. 4. p. 172.

ja auch das Bild, wenn es wirklich durch Spiegelung erzeugt wäre, durch ein anderes Organ wieder aufgefangen und wahrgenommen werden, indem dasselbe in der Wirklichkeit nicht hinter den Spiegel fällt, sondern sowohl optisch, als auch eigentlich vielmehr vor denselben. Peiresc und nach ihm Andrew Horn [1] lassen daher das Bild gegen den Glaskörper reflectirt werden, und von hier aus auf den Sehnerven wirken; allein auch diese Hypothese ist aus den angegebenen Gründen unhaltbar.

Aus verschiedenen andern Gründen hat neuerdings auch Campbell [2] gegen Kepler's Theorie des Sehens Einwendungen gemacht, welche unterschiedenen Physiologen mit Unrecht von Bedeutung zu seyn schienen [3]. Dem wesentlichen Inhalte seiner Argumente nach leugnet er nicht, dafs ein herausgenommenes Auge, wenn man die hinteren Theile bis auf die Markhaut wegnimmt, und eine reflectirende Fläche an deren Stelle hält, auf dieser ein Bild eines vor der Pupille befindlichen Gegenstandes bildet, allein es sollen hierbei die Bedingungen anders als im unnveränderten Auge seyn. Damit ein Werkzeug Bilder etzeuge setzt er nämlich zwei Bedingungen fest, nämlich 1. dafs es die vom Gegenstande ausgehenden Lichtstrahlen so sammle, dafs sie auf die zurückwerfende Fläche hinsichtlich auf Gestalt und Farbe genau einfallen, und 2. dafs eine Fläche vorhanden sey, welche die Lichtstrahlen so zurückwirft, dafs der Zuschauer die Empfindung eines Bildes erhält. Die erste Bedingung findet er im Auge gegeben, die zweite aber nicht, bei deren blofser Aufstellung indefs schon ein auffallender Mangel genauer optischer Kenntnisse sichtbar wird. „Dem Auge nämlich" — so fährt er fort zu argumentiren — „fehlt die zurückwerfende Fläche, indem die Retina so gut als vollkommen durchsichtig ist, und die Markhaut wegen ihres schwarzen Pig-

1 The seat of vision determined. Lond. 1813. 8.

2 Annals of philos. X. 17. Jahr. 1817. Daraus deutsch. Arch. IV. 110.

3 Treviranus Verm. Schr. III. 156. Campbell's Einwendungen gegen Kepler's Theorie haben zu ihrer Zeit Aufsehen erregt, weswegen mir eine ausführlichere Darstellung derselben nöthig scheint, Rumball's Argumente aber gegen die Erzeugung und Umkehrung der Bilder im Auge s. Phil. Mag. and Ann. of Phil. II. 376 sind ganz ohne Grund, und widerstreiten ausgemachten optischen Gesetzen.

ments die Lichtstrahlen verschluckt, und nicht reflectirt; zur Erzeugung eines Bildes aber muſs eine reflectirende Fläche vorhanden seyn, welche die durchsichtige Netzhaut nicht in der Art, als z. B. dahinter gehaltenes Papier, seyn kann."

Jeder Optiker wird sogleich einsehen, daſs hierbei eine ganz irrige Vorstellung von den Bildern zum Grunde liegt. Wenn das Papier durch Reflection ein Bild erzeugte, so würde es dieses so gut bei jedem davor gehaltenen Gegenstande thun müssen, als wenn es an die Stelle der Retina oder überhaupt in den Brennpunct einer biconvexen Linse gehalten wird. Indem es aber bloſs im letzteren und nicht auch im ersteren Falle ein Bild zeigt, so liegt hierin schon ein entscheidender Beweis, daſs das hinter dem Auge sichtbare, durch die Linse erzeugte Bild schon vorhanden ist, und daſs die, dasselbe hervorbringenden Lichtstrahlen auf der Fläche des Papiers bloſs vereinigt sind. So gut aber, als diese zum Bilde vereinigten Lichtstrahlen die Fläche des Papiers treffen, müssen sie auch die Netzhaut treffen, wenn sie die Stelle des Papiers einnimmt, mithin diese als Bild, nicht aber als bloſses Licht afficiren, und somit das Sehen hervorbringen können. Jedes Bild übrigens, sey es katoptrisch oder dioptrisch entstanden, bedarf keiner reflectirenden Fläche, weder um überhaupt vorhanden zu seyn, noch auch um gesehen zu werden, wohl aber Abscheidung des zugleich in das Auge fallenden, den Eindruck desselben schwächenden stärkeren Lichtes, kann aber unter dieser letzteren Bedingung nicht bloſs in der Luft, sondern auch im leeren Raume existiren und gesehen werden. Man sieht daher die Bilder sowohl vor gemeinen Hohlspiegeln als auch im Rohre der Fernröhre ohne Ocular in der Luft schweben, und betrachtet dieselben beim Spiegelteleskop und beim dioptrischen Tubus durch die Loupe, ohne daſs in beiden Fällen eine reflectirende Fläche vorhanden ist [1].

Dagegen beruhet nach CAMPBELL's Theorie das Sehen auf zwei Momenten, der Empfindung der Farbe und der Wahrnehmung der Gestalt, welche beide so verschieden seyn sollen, daſs sie besondern Sinnesaffectionen zugeschrieben werden müssen, und nur deswegen vereinigt gedacht werden, weil sie stets zusammenfallen. Hinsichtlich der Wahrnehmung der Gestalt soll etwas Aehnliches als beim Gefühle stattfinden, indem die Netzhaut

1 S. *Bild.*

von den durch sie dringenden reflectirten Lichtstrahlen, welche der Form der Körper genau entsprechen, und so die Form genau bezeichnen, afficirt wird. — (Hierbei ist indefs unter mehreren andern übersehen, dafs der Lichtkegel von einer Scheibe, von der Kugel und dem Cylinder gleich ist, der Anwendung auf Gemälde nicht zu gedenken). — Die Vorstellungen von der Farbe sollen auf gleiche Weise erzeugt werden, als die Empfindungen von Säuren, Salzen u. s. w. beim Schmecken, indem die verschiedenartigen Lichtstrahleu die Empfindungen der Nerven auf gleiche Weise erregen, als die schmeck- oder riechbaren Substanzen, und indem jede Farbe mit ihrer eigenthümlichen Wirksamkeit in der nämlichen Lage durch die Netzhaut dringt, in welcher sie auf dem Objecte geordnet ist, so mufs die Vorstellung von Gestalt und Farbe zugleich entstehen. — Bei dieser, auf den ersten Blick scheinbaren, Erklärung ist der chemische Einflufs und die wirkliche Berührung der auf Geschmack und Geruch wirkenden Substanzen nicht berücksichtigt, und aufserdem dürften die subjectiven Farben und gefärbten Schatten hiernach schwer zu erklären seyn. Es ergiebt sich also, dafs Campbell's Theorie nach optischen Gesetzen eben so unhaltbar ist, als seine Einwürfe gegen die bisher bestehende nichtig sind.

Noch später endlich, als Campbell, hat C. J. Lehot[1] in verschiedenen Abhandlungen zu zeigen sich bemühet, dafs die bisher angenommene Theorie des Sehens unzulässig sey, und daher eine neue aufgestellt, wonach die Spitzen der in den verschiedenen Theilen des Auges gebrochenen Lichtkegel in der gläsernen Feuchtigkeit ein räumliches Bild (nach drei Dimensionen) erzeugen, die Retina aber nicht treffen sollen. Es ist in der That etwas seltsam, da nach allen auf die genauesten Messungen gegründeten Berechnungen die Brennpuncte mehr *hinter* die Retina als vor dieselbe fallen (welches aus dem Umstande, dafs alle Messungen an todten Augen angestellt wurden, leicht erklärlich ist), und die Bilder auf der Retina so unzählig oft beobachtet sind, dennoch diese Thatsachen nicht berücksichtigen zu wollen. Auch die Hypothese Lehot's verdient daher keineswegs so viele Aufmerksamkeit, als ihr in einigen französischen Zeitschriften zu Theil geworden ist, vielmehr kann

1 Nouvelle Théorie de la Vision. 1er Mémoire. Par. 1825. Diesem sind noch andere gefolgt.

man sie ohne Nachtheil für die Wissenschaft ganz unbeachtet lassen.

Kepler's Theorie, welche in so fern die geometrische Construction und die unmittelbare Erfahrung für sich hat, als das durch die Krystalllinse zum Bilde vereinigte Licht die Retina berührt, mithin eine eigenthümliche Afficirung derselben bewirkt, bringt die Erklärung des Sehens so weit, als sie durch die Physik gebracht werden kann und muſs. Auf welche Weise aber das Hinfallen der zum Bilde vereinten Lichtstrahlen auf die Retina nicht bloſs überhaupt eine Empfindung erzeugt, sondern auch die Vorstellung des gesehenen Gegenstandes gewährt, dieses zu erklären fällt den Physiologen und Psychologen anheim, welche aber bis jetzt noch überhaupt die eigenthümliche Art, wie die Afficirungen der Nerven geschehen, und Empfindungen hierdurch hervorgebracht werden, nicht erkannt haben, indem die Hypothesen von den Schwingungen der Nerven oder einem eigenen, sie umgebenden, ätherischen Fluidum nicht über die Grenzen des bloſs Hypothetischen hinausgehen. In specieller Beziehung auf das Licht lieſse sich wohl eine aus dem Wesen desselben hergenommene, mindestens nicht unwahrscheinliche Hypothese aufstellen. Das Licht nämlich hat in seinen sowohl zum Weiſs vereinigten als auch getrennten Strahlen zwei hervorstechende Eigenschaften, indem die blauen eine chemisch wirkende, die rothen aber eine erwärmende Kraft besitzen, beide Wirkungen aber den vereinigten weiſsen zugleich zukommen [1]. Obgleich nun auch die Entbindung der Wärme auf den Chemismus zurückgeführt werden kann [2], mithin beide Wirkungen zusammenfallen würden, so treten sie doch in ihren Aeuſserungen verschieden hervor, und man könnte sonach annehmen, daſs die chemische Affection und die Erwärmung der Nerven der Retina durch das Licht die Empfindung des Sehens erzeugten. Hierauf lieſse sich denn auch die Lichterscheinung zurückführen, welche die Afficirung der Nerven der Nase, des Mundes u. a. m. durch den Strom der Volta'schen Elektricität im Auge hervorzubringen pflegt, wenn gleich auch mechanischer Druck gegen das Auge einen ähnlichen, obwohl

1 S. *Licht.*

2 S. *Wärme, Erzeugung derselben.*

etwas verschiedenen Lichtschein zu erzeugen vermag. Im Ganzen ist jedoch diese Hypothese viel zu wenig begründet, als daſs sie nur auf groſsen Beifall rechnen könnte, und die schwierige Frage bleibt so nach noch so gut als ganz unbeantwortet.

Die Linse ist zwar derjenige Haupttheil des Auges, durch welchen das auf die Retina fallende Bild ganz eigentlich hervorgebracht wird. Allein es folgt aus den Erscheinungen der *camera obscura*, womit das Auge so groſse Aehnlichkeit hat, daſs auch ohne diese die Erzeugung eines Bildes möglich ist, und so ereignet es sich denn auch, daſs Patienten, denen der graue Staar durch Herausnahme der Linse operirt ist, dennoch, wenn auch undeutlicher, doch überhaupt sehen. In diesem Falle dient eine biconvexe Glaslinse, die sogenannte *Staarbrille*, zum Ersatze der herausgenommenen Krystalllinse, bis letztere wieder erzeugt ist.

Das Auge, als optisches Werkzeug betrachtet, muſs nothwendig allen denjenigen Bedingungen unterliegen, welche mit andern ähnlichen Vorrichtungen unzertrennlich verbunden sind. Wirklich finden wir auch, daſs die Gefäſshaut und die innere Seite der Traubenhaut mit einem dicken *schwarzen Pigmente*, gleich dem Inneren der optischen Instrumente, überzogen sind, um alle andere Lichtstrahlen zu verschlucken, und ihre Reflection zu verhindern, auſser diejenigen, welche das Bild auf der Netzhaut zu erzeugen bestimmt sind. Fehlt dieses Pigment, wie bei den Kakerlaken, so werden die Augen durch den zu starken Lichtreiz geblendet, und diejenigen, bei denen sich dieses findet, sehen lieber bei wenigem Lichte. Ferner geben die biconvexen Linsen der optischen Werkzeuge, wenn ihre Krümmungen Kreissegmente sind, wie wohl ohne Ausnahme der Fall seyn mag, keine vollkommen scharfe Bilder in ihrem Brennpuncte, sobald die Lichtstrahlen in einiger Entfernung von der Axe auf sie fallen, ein Fehler, welchen man *die Abweichung wegen der Kugelgestalt* nennt. Indem aber das gesunde Auge durchaus scharfe Bilder giebt, so muſs dieser Fehler corrigirt seyn. Im Allgemeinen werden die weiter von der Axe des Auges in dasselbe fallenden Lichtstrahlen schon durch die Pupille abgeschnitten, allein dieses würde bei der geringen Entfernung der Retina von der Linse nicht genügen. Einige haben geglaubt, dieser Fehler werde durch die parabolische oder hy-

perbolische Krümmung der Linse aufgehoben [1], und da es wohl unmöglich ist, hierüber durch absolut genaue Messungen zur Gewifsheit zu gelangen, so läfst sich eine solche Hypothese auch nicht bestimmt widerlegen. Indefs bedarf es solcher Voraussetzungen nicht, da es erwiesen ist, dafs die Linse nach dem Rande hin an Dichtigkeit abnimmt, wodurch dieser Fehler von selbst aufgehoben wird, wie Porterfield [2] zuerst aufgefunden hat.

Eine zweite aus dem Baue des Auges nothwendig folgende Unvollkommenheit ist die *Farbenzerstreuung*, indem die, durch die Linse desselben erzeugten Bilder farbige Ränder haben, und hierdurch undeutlich werden müfsten. Indem aber das Auge diesem Fehler nicht zu unterliegen, vielmehr achromatisch zu seyn scheint, so nehmen viele an, dafs derselbe durch das eigenthümliche farbenzerstreuende Vermögen seiner drei Flüssigkeiten aufgehoben werde, und das Auge somit zur Classe der aplanatischen Werkzeuge gehöre [3]. Man hat sich bemüht, dieses bestimmt darzuthun, ohne genügende Resultate zu erhalten, welches auch als unmöglich erscheint, wenn man berücksichtigt, dafs die Quantitäten der einzelnen Flüssigkeiten des Auges, welche man im frischen Zustande zu erhalten im Stande ist, zu genauen Versuchen zu geringe sind, dafs sie sich sogleich nach dem Tode verändern, und dafs alle Flüssigkeiten nach Fraunhofer's [4] Untersuchungen ihr farbenzerstreuendes Vermögen durch den Wechsel der Temperatur bedeutend ändern. Indefs hat schon Dollond [5] gegen Euler gezeigt, dafs die Lichtstrahlen durch alle drei Flüssigkeiten des Auges der Axe zugebrochen werden, welches mit dem Achromatismus unverträglich ist, und die geringe Menge der *Morgagni'schen Flüssigkeit* zwischen der Linse und ihrer Kapsel ist nicht im Stande, die erzeugten Farbenzerstreuung zu compensiren.

1 Petit in Mém. de l'Ac. 1725. p. 20. Young in Phil. Tr. 1801. p. 49.

2 On the eye. cet. I. 439. Vergl. Mollweide bei G. XXX. 222. Young. a. a. O.

3 L. Euler Journ. Encyclop. 1765. II. 146. Mém. de Berl. 1747. Ihm widersprach D'Alembert Mém. de l'Ac. 1767. p. 81. Vergl. Hube vollständiger u. fafslicher Unterricht in d. Naturlehre, in einer Reihe von Briefen. Leipz. 1801. 4 Bde. 8. III. 405.

4 G. LVI. 277.

5 Phil. Trans. LXXIX. 256.

So schwierig es indeſs seyn mag, über ein so künstlich gebautes Werkzeug, als das Auge ist, mit Gewiſsheit etwas festzusetzen, so ist es doch durch sichere Erfahrungen ausgemacht, daſs das Auge *nicht achromatisch* sey, und die scheinbare Farbenlosigkeit der Bilder ist vielmehr aus der eigenthümlichen Vermischung des farbigen Lichtes auf der, keine geometrische Fläche bildenden, Retina abzuleiten, um so mehr, als für die, durch die verengte Pupille in den sehr kleinen Raum um die Axe einfallenden, Lichtstrahlen keine bedeutende Farbenzerstreuung stattfinden kann. Daſs dieser Raum sehr klein sey, ergiebt sich aus der sehr geringen Oeffnung in schwarzem Papiere, durch welche, wenn man sie dicht vor das Auge hält, ein bedeutendes Gesichtsfeld übersehen werden kann, und daſs bei so kleinen Räumen um die Axe die Farbenzerstreuung fast ganz schwinde, ergiebt sich aus der Farbenlosigkeit der Ränder vor Objecten, welche man durch die Mitte der Lorgnetten oder Brillen betrachtet, indem nur beim Sehen durch die Ränder dieser letzteren die Farbenzerstreuung bemerkbar wird, noch genauer aber durch die von Maskelyne hierüber angestellten Berechnungen [1]. Auf welche Weise insbesondere im chromatischen Auge die scheinbare Farbenlosigkeit des Bildes entstehe, hat Mollweide [2] scharfsinnig entwickelt. Fallen nämlich von dem Gegenstande AB Strahlen in das Auge, so bilden diese auf der Retina das verkehrte Bild ab. Nimmt man die von dem Puncte D ausgehenden Strahlen allein, so werden diese in e und f in farbige zerlegt werden, wovon sich die violetten in i, die rothen in k, die grünen in d vereinigen [3]. Geht das Licht ungehindert durch die Linse, so werden von allen farbigen Strahlen einige die Retina, welche eine meſsbare Dicke hat und keine geometrische Fläche bildet, treffen, mithin meistens Licht erzeugen, und bloſs an der Grenze könnte ein aus Blau und Roth gemisch- Fig. 211.

1 G. XXX. 220. XVII. 328.

2 Phil. Tr. LXXIX. 258.

3 Obgleich durch Messungen nicht entschieden werden kann, welche Strahlen gerade in der Retina zum Bilde vereinigt werden, so ist es doch aus andern Gründen sehr wahrscheinlich, daſs es die gelben sind, gerade da, wo in diesen die gröſste Intensität des Lichtes herrscht. Indem aber die schwächer leuchtenden Farben bei gröſserer Intensität des anderweitig vorhandenen Lichtes verschwinden, so erklärt sich hieraus leicht der scheinbare Achromatismus der Augen.

tes violettes Licht entstehen, eine schwache Farbe, welche bei der übrigen Stärke des Lichtes nicht wahrgenommen wird [1]. Wenn man aber das ins Auge fallende Licht begrenzt, z. B. wenn man eine Fenstersprosse über ein nahe vor das Auge gehaltenes Object betrachtet, so werden die Farben an den Rändern zum Vorschein kommen, und namentlich erscheint der untere Rand roth, der obere aber blau, wenn man das einfallende Licht von oben abschneidet, und umgekehrt, wenn das undurchsichtige Object von unten vor das Auge bewegt wird. Im ersteren Falle nämlich schneidet das Object l m die oberen rothen
Fig. 212. und die nach unten fallenden blauen Strahlen ab, weswegen oben bloſs die blauen und unten die rothen bleiben, und den Eindruck dieser Färbung der Ränder im Auge hervorbringen; im entgegengesetzten Falle findet das Umgekehrte statt. Einige haben die auf die angegebene Weise erzeugten Farben, welche schon Newton [2] kannte und aus der Berechnung des Lichtes im Auge ableitete, Nordhof [3] aber später als eine Polarisation mit v. Goethe's Farbentheorie zu vereinigen suchte, aus der Beugung des Lichtes erklären wollen [4]. Allein hiergegen streifet eben die Entstehung und die Verschiedenheit der Farbe an beiden Rändern, und der Umstand, daſs im dünnen Lichtstreifen zwischen der Sprosse und dem dunkeln Objecte kein Schatten entsteht [5]. Endlich beweiset auch Fraunhofer [6] durch einen eben so entscheidenden als leichten Versuch, daſs das Auge nicht achromatisch sey. Wenn man nämlich das Ocular eines Fernrohrs bei einfallendem rothen Lichte des Spectrums so stellt, daſs der Mikrometerfaden genau gesehen wird, und man läſst dann blaues Licht einfallen, so verschwindet der Faden, und wird nicht eher wieder sichtbar, als bis man das Ocular dem Faden um mehr als das Doppelte der Längenabweichung wegen der Farbenzerstreuung der Ocularlinse nähert. Hierin liegt also der Beweis, daſs auch die Farbenzerstreuung des Auges corrigirt werden muſs, dieses also nicht achromatisch ist [7].

1 Vergl. Maskelyne a. a. O. p. 262.

2 Opt. I. pars II. prop. VIII. p. 119 ed. Clark.

3 Voigt Mag. VII. 52.

4 G. XVII. 335.

5 Mollweide bei G. XXX. 232.

6 G. LVI. 304.

7 Aehnliche Versuche von Young s. Phil. Tr. 1801. p. 50.

Das Auge kann, vermöge seiner Construction als optisches Werkzeug ein vollkommen deutliches Bild auf der Netzhaut nur dann erhalten, wenn der Gegenstand sich in einer bestimmten Entfernung vom Auge befindet; denn die Lehre von der Erzeugung der Bilder hinter einer convexen Linse (und die Linse im Auge muſs wegen ihrer Form und starken Brechung hierbei doch vorzugsweise berücksichtigt werden) ergiebt, daſs diese bei nahen Objecten mehr, bei entfernten weniger von der Fläche der Linse abstehen. Man nennt diejenige Entfernung der Objecte, in welcher sie die deutlichsten Bilder geben, die *Weite des deutlichen* (oder vollkommenen) *Sehens* (*distantia visionis distinctae*), und giebt sie nach Huygens und Wolf [1] gemeiniglich zu 8 Par. Z. an. Indeſs ist sie nach dem Baue der Augen verschieden, und wäre für ein gewöhnliches gesundes Auge wohl richtiger auf 10 Z. zu setzen. Sie wird übrigens sehr verschieden angegeben, z. B. von La Hire [2] = 12 Z.; von Lyonet [3] = 6 Z.; von Buffon [4] = 8 bis 20 Z. Jurin setzt die geringste Weite des deutlichen Sehens auf 5; 6; 7 engl. Zoll, die gröſste auf 14 F. 5 Z., welche letztere Gröſse von vielen mit Recht für übertrieben gehalten wird; auch nimmt Porterfield [5] hierfür nur 27 engl. Zoll an, obgleich man auch in jener Entfernung mitunter noch ziemlich deutlich sehen kann.

Das *deutliche Sehen* nämlich im Allgemeinen hängt von dem Grade der Helligkeit und der Receptivität des Auges für eine gegebene Lichtstärke, von der Farbe des Objectes und der Durchsichtigkeit des zwischenliegenden Mittels ab. Zugleich hat die Aufmerksamkeit einen groſsen Einfluſs auf dasselbe, indem man wahrscheinlich nach einer durch Uebung erlangten Fertigkeit nicht alle Gegenstände, von denen Bilder in das Auge fallen, deutlich sieht, sondern nur diejenigen, welche man fixirt, und diese so viel schärfer, je stärker sie fixirt werden, als an-

1 Elementa mathes. univ. cet. Halae 1730 — 41. V Vol. 4. III. 336. Dioptr. 408.

2 Accidens de la vue. Par. 1694.

3 Verhandl. van de Holland. Maatschappy. III. 402.

4 Hist. de l'Ac. 1743. p. 233.

5 Smith Opt. 433. Lambert Photometrie 490. Robins Math. Tracts II. 278.

dere, wenn diese ihnen auch sehr nahe oder in der nämlichen Richtung hinter ihnen liegen[1]. Vielleicht liegt die Ursache hiervon zum Theil in der nachher zu erklärenden Adjüstirung des Auges für die bestimmte Entfernung, worin sich der Gegenstand befindet. Indeſs kann sich das Object weiter vom Auge befinden, als die Weite des deutlichen Sehens ist, oder etwas näher rücken, ohne daſs das Sehen hierdurch aufhört, wie Adams[2] durch folgenden Versuch anschaulich machte. Wenn man ein gedrucktes Blatt mit Buchstaben von drei bis vier verschiedenen Gröſsen in eine solche Entfernung stellt, daſs das Auge sie sämmtlich ohne Anstrengung deutlich erkennt, so kann man annehmen, daſs die Bilder von ihnen auf die Netzhaut fallen. Rückt man dann das Blatt dem Auge näher, so wird zuerst der kleine Druck undeutlich, später auch der groſse, weil bei kleinen Gegenständen die *Zerstreuungskreise,* worin sich die durch die Brechung im Auge zum Puncte vereinigten Lichtstrahlen hinter diesen Puncten ausbreiten, weit eher ein merkliches Verhältniſs zu der Gröſse der Gegenstände und zu ihren Abständen erhalten, als bei groſsen. Ein groſser Druck wird bei gleichen Zerstreuungskreisen zwar schlechter begrenzt, aber immer noch deutlich genug gesehen, wenn bei einem kleineren die Zerstreuungskreise der verschiedenen Buchstaben schon in einander laufen. So wie die Zerstreuungskreise hinter dem scharfen Bilde liegen, so liegen sie auch vor demselben, daher bei gröſserer Näherung und Entfernung gröſsere Gegenstände länger sichtbar bleiben.

Bei der Bestimmung der *distantia visionis distinctae* kommt noch Folgendes in Betrachtung. Das Licht, welches die Bilder im Auge erzeugt, fällt bei den Menschen und Landthieren aus der Luft in das Auge, und letzteres ist zweckmäſsig für diejenige Brechung eingerichtet, welche beim Uebergange des Lichtes aus dem einen Medium in das andere statt findet. Die Veränderung der Dichtigkeit der Luft kann hierbei von keiner Bedeutung seyn, selbst nicht auf hohen Bergen, wo übrigens die Kurzsichtigkeit vermehrt und die Weitsichtigkeit vermindert wird. Dasjenige Medium, in welchem eine Menge

1 Vrgl. la Hire in Journ. de Savans 1685. p. 404.

2 S. dessen unten angegebenes Werk, welches allezeit gemeint ist, wenn schlechthin dieser Schriftsteller genannt wird.

Thiere sehen, und rücksichtlich dessen die Frage mehrfach verhandelt ist, ob in demselben auch die Menschen sehen könnten, ist das Wasser. Ein Hindernifs, wefswegen die Menschen selten im Wasser die Augen öffnen, und daher auch nicht zu sehen versuchen, liegt darin, dafs das kalte Wasser auf die Conjunctiva und die Thränendrüse[1] einen empfindlichen Eindruck macht, welches ein Verschliefsen der Augenlieder bewirkt. Soll aber die Frage genau erörtert werden, so ist dabei Folgendes zu berücksichtigen. Das Licht kann allerdings ungehindert aus dem Wasser in das Auge kommen, und in sofern wird also die Empfindung der Helligkeit, und wenn von einem bestimmten, stark erleuchteten Objecte Licht von hervorstechender Stärke in das Auge reflectirt wird, die Vorstellung von dem Vorhandenseyn eines gewissen Gegenstandes und von dem Orte, wo dieser sich befindet, erzeugt werden. Dafs aber kein vollkommenes Bild auf der Retina entstehen, und somit also kein eigentliches Sehen statt finden könne, hat schon DE LA HIRE[2] behauptet und durch Versuche mit Katzen bestätigt, bei denen er bemerkte, dafs sich die Pupille ihrer Augen, wenn der Kopf derselben unter Wasser gehalten wurde, bedeutend erweiterte, welches er richtig als ein Zeichen des Bestrebens, ein deutliches Bild zu erhalten, ansah. Weil indefs die Frage, ob der Mensch unter Wasser wirklich sehen könne oder nicht, an sich nicht unwichtig ist, dadurch aber noch interessanter wurde, dafs die Beantwortungen derselben durch die unverdächtigsten Zeugen auf dem Wege der Erfahrung mit einander geradezu im Widerspruche standen, so schien es mir der Mühe werth, sie theoretisch genau zu untersuchen[3], da alle hierzu erforderlichen Thatsachen vollständig vorhanden sind. Es ist nämlich oben angegeben, dafs die aus Luft in die Cornea und wäfsrige Feuchtigkeit des Auges fallenden Lichtstrahlen durch den Einflufs der Brechung dieser beiden sich in einer Entfernung von $1\frac{1}{4}$ engl. Z. in einem Brennpuncte vereinigen, und dann durch die Krystalllinse und die gläserne Feuchtigkeit abermals gebrochen, auf der Retina zum Bilde vereinigt werden. Weil aber das Wasser eine stärker brechende Flüssigkeit ist, als die Luft, folglich die aus

1 S. *Auge*.
2 Mém. de l'Acad. 1709. p. 95. Vrgl. G. XXXIV. 34.
3 G. LXXVIII. 257.

demselben auf das Auge fallenden Lichtstrahlen weniger durch die wässerige Flüssigkeit des Auges gebrochen werden, als wenn sie aus der Luft einfallen, so kann jene Brechung nicht statt finden, und die Lichtstrahlen können daher nicht in einem, die Netzhaut treffenden Puncte vereinigt werden, folglich auch kein Bild erzeugen. Genauer genommen ist [1] das Brechungsverhältniſs des Lichtes aus Luft in die wässerige Feuchtigkeit des Auges $= n : 1 = 1{,}337$; das Brechungsverhältniſs aus Wasser in die wäſsrige Feuchtigkeit des Auges $= w : 1 = 1{,}00075$. Setzt man also den Halbmesser der Cornea $= \varrho = 3''',75$; den Abstand des gesehenen Objectes $= d = 10$ Z., alles in Par. Fuſs-Maſs; und sucht dann die Brennweite des Bildes hinter der Linse $= f$, so findet man

$$f = \frac{n d \varrho}{(n-1)\, d - \varrho} = 16''',3982$$

Wird in dieser Formel statt n die Gröſse w substituirt, so findet man

$$f' = \frac{w d \varrho}{(w-1)\, d - \varrho} = -\, 123''',043$$

das heiſst, die aus einer Entfernung von 10 Z. kommenden Lichtstrahlen werden durch den Einfluſs der Brechung gar nicht zum Brennpuncte vereinigt, sondern würden diese erst in einer Entfernung von 10 Zoll zum Brennpuncte vereinigt werden, wenn sie aus einem Abstande von 10 Zoll 3 Lin. ins Auge fielen. Es ist somit vollkommen klar, daſs Gegenstände unter Wasser kein eigentliches Bild im Auge erzeugen können, weil diese Brechung der Lichtstrahlen durch die wäſsrige Feuchtigkeit des Auges fast gänzlich wegfällt, und daſs somit ein eigentliches Sehen unter Wasser ganz unmöglich ist. Es ist ferner eben der Abstand des Brennpunctes der Krystalllinse von ihrer hinteren Fläche $= z = 8{,}707$ Par. Lin. gefunden. Sucht man diesen auf gleiche Weise für den Fall, daſs die Lichtstrahlen aus dem Wasser in das Auge fallen, indem man den eben gefundenen Werth für f' statt des dortigen für f erhaltenen substituirt, so findet man ihn $= 27{,}54$ Par. Lin., also um mehr als 1,5 Z. hinter die Retina fallend, woraus abermals die Un-

1 Nach den im Art. *Auge* mitgetheilten Bestimmungen. Vrgl. meine eben angeführte Abhandlung.

möglichkeit eines eigentlichen Sehens unter Wasser hervorgeht. Ferner folgt aus der oben gegebenen Darstellung der Wirksamkeit des Auges, daſs die Wirkung der wäſsrigen Feuchtigkeit desselben einer Linse gleicht, deren Brennweite $= 16''',3982$ beträgt. Wenn man aber annimmt, daſs diese Wirkung für Lichtstrahlen fast gänzlich wegfällt, welche aus dem Wasser ins Auge gelangen, so ist klar, daſs dieselbe durch eine convexe Linse ersetzt werden müſste, um das Auge zum Sehen unter Wasser geschickt zu machen. Wird aber die Krümmung einer solchen Linse für den Fall gesucht, daſs sie unter Wasser wirklich gebraucht werden sollte, so sey für eine biconvexe

der gemeinschaftliche Halbmesser der Krümmung $= r$
die brechende Kraft des Glases . . . $= m = 1{,}55$
— — — — Wassers . . . $= n = 1{,}337$
die Entfernung des Objectes $= d = 10$ Z.

so ist die Brennweite derselben

$$f = \frac{ndr}{2(m-1)d - nr}$$

und indem hierin n bekannt ist, so findet man

$$r = \frac{2(m-n)fd}{n(f+d)} = \frac{838{,}276}{182{,}3644} = 4{,}6 \text{ Lin.}$$

Eine Loupe von dieser Krümmung würde also für das normale Auge ein eigentliches Sehen unter Wasser möglich machen. Hieraus ergiebt sich dann endlich von selbst, daſs sehr kurzsichtige Personen unter Wasser leichter sehen, als weitsichtige, und daſs ein Kurzsichtiger, welcher zum gewöhnlichen Sehen einer biconcaven Linse von dem eben angegebenen gemeinschaftlichen Halbmesser der Krümmung bedürfte, oder dessen Weite des deutlichen Sehens nicht mehr als 1 Z. 2,4268 Lin. betrüge, unter Wasser vollkommen gut sehen würde.

Mit diesem Resultate der Theorie stimmt die Erfahrung sehr genau überein, daſs man alsdann schlecht oder gar nicht sieht, wenn sich vor dem Auge eine unverhältniſsmäſsig groſse Menge Thränenfeuchtigkeit angesammelt hat. Um so viel auffallender muſs es seyn, daſs die Aussagen geübter Schwimmer über diese Frage so verschieden ausgefallen sind, indem einige die Möglichkeit des Sehens unter Wasser überhaupt leugneten[1] andere

1 Nicholson Ann. of Phil. 1806. Aug. G. XXXIV. 34; 36; 43 und die Anm. von Gilbert. Die Aussage der Halloren ebend. S. 59.

sie eben so zuversichtlich behaupteten[1]. Am genügendsten sind noch diejenigen Versuche, welche GILBERT[2] mit einigen Freunden anstellte, und die aus diesen erhaltenen Resultate. Nach diesen ist es ausgemacht, daſs ein eigentliches Sehen unter Wasser nicht statt findet, wohl aber, daſs undeutliche Bilder wahrgenommen werden, welche indeſs dem Taucher genügen, die ins Wasser geworfenen Gegenstände aufzufinden. Die Behauptungen derjenigen, welche das Sehen unter Wasser aus der Erfahrung beweisen wollen, sind also bloſs hinsichtlich des Ausdruckes falsch, indem die Versuche in der Regel mit blanken Münzen angestellt werden, deren stärkerer Lichtschein allerdings das eigentliche Sehen supplirt.

Indem das gesunde Auge die Fähigkeit besitzt, sowohl nähere als auch insbesondere sehr entfernte Gegenstände mit hinlänglicher Genauigkeit zu unterscheiden, so muſs es hierzu besonders eingerichtet werden, weil namentlich in Beziehung auf die Krystalllinse und auch rücksichtlich des ganzen Auges in Gemäſsheit der oben mitgetheilten Berechnung für die Erzeugung der Bilder diese letzteren bei gröſserer Nähe der beobachteten Gegenstände hinter die Netzhaut fallen, bei gröſserer Entfernung dagegen vor dieselbe. Nach OLBERS[3] ist namentlich für die durch JURIN angegebenen Gröſsen der Theile des Auges und ihre Brechungsverhältnisse der Abstand des Bildes von der Cornea in engl. Decimalzollen bei einer Entfernung des Objectes in unendlicher Ferne, in 27 Z.; 8 Z. und 4 Z. = 0,8997; 0,9189; 0,9671 und 1,0426 Z. PORTERFIELD[4] hat den an sich klaren Satz, daſs das Auge für die verschiedenen Entfernungen der gesehenen Objecte einer verschiedenen Adjüstirung bedürfe, durch die Erfahrung zu beweisen gesucht, inzwischen hält TREVIRANUS[5] das eigentliche, für diesen Zweck ersonnene Experiment wegen seines schweren Gelingens für ungenügend. Zur Versinnlichung der Sache durch einen Versuch, dessen schon SCHEINER im Allgemeinen gedenkt, bediente sich PORTER-

1 Ein Ungenannter bei G. XXXIV. 42; 46. HORSBURGH ebend. S. 52. Ein Hallore ebend. S. 63.

2 Ann. XXXVI. 375.

3 De oculi mutat. intern. p. 5.

4 On the Eye. I. 408 ff.

5 Biolog. VI. 506.

FIELD[1] eines eigenen Apparates, *Optometer* genannt, welchen Th. Young[2] mit einigen Verbesserungen ausführlich beschreibt. Es sey R ein leuchtender Punct, AB ein undurchsichtiger Gegenstand, CD eine brechende Fläche, eine Linse, EF eine, im Brennpuncte derselben befindliche, das Licht auffangende Fläche. Ist dann AB an zwei Puncten durchbohrt, so werden beide Lichtbündel auf EF in einem Puncte zusammenkommen, auf der näheren Fläche HG oder der entfernteren IK aber zwei getrennte Lichtbündel darstellen. Kommen dann zwei andere leuchtende Puncte S und T hinzu, so geben diese doppelte Bilder. Werden indeſs die leuchtenden Puncte T und S gegen die Axe der Linse geneigt, worin sich auch R befindet, so kann man die Puncte t und s mit r zusammenfallend darstellen, wobei dann die auffangende Fläche EF nur drei Lichtbündel erhält. Nach diesem Principe erhält man ein *Optometer*, wenn man ein Blech, etwa nur eine Spielcharte mit zwei Löchern, oder besser zwei Einschnitten, innerhalb der Weite der Pupille dicht vor das Auge hält, wobei dann alle in der gehörigen Gesichtsweite befindliche Gegenstände einfach, alle näher oder entfernter liegende doppelt erscheinen müssen. Das Instrument wird mit einer getheilten Scale versehen, auf welcher sich das durch die feinen Einschnitte gesehene Object verschieben läſst, bis dasselbe am schärfsten einfach gesehen wird, um hierdurch zugleich die *distantia visionis distinctae* zu bestimmen. Daſs indeſs die unwillkürliche Anstrengung des Auges bei diesem allerdings zusammengesetzten Versuche die vollkommenste Genauigkeit nicht allezeit zulassen wird, hat Treviranus sehr wahr bemerkt. Merkwürdig ist noch, daſs Th. Young bei seinem eigenen Auge die Gesichtsweite = 10 Z. engl. fand, wenn der Einschnitt des Optometers vertical stand und = 7 Z., wenn er horizontal gehalten wurde. Dieser Fehler der Augen, auf welchen ich weiterhin wieder zurückkommen werde, erfordert eine schiefe Stellung des Oculars bei Fernröhren.

Fig. 213.

Fig. 214.

Cartesius[3] führt an, man könne das Bedürfniſs der Adjüstirung des Auges daraus abnehmen, daſs dasselbe, wenn es anhaltend nahe Gegenstände deutlich gesehen hat, und dann

1 Edinb. Med. Ess. IV. 185.

2 Phil. Trans. XCI. 34.

3 Dioptr. L. III. §. 5.

schnell auf entfernte gerichtet wird, eine geringe Zeit zum deutlichen Sehen bedarf. Auch dieses leitet indefs TREVIRANUS[1] von einer beim Sehen unvermeidlichen Congestion der Säfte nach dem Auge und vorzüglich der Iris ab, wodurch die Veränderung der Pupille erschwert werden soll. Dieser Einwurf stützt sich auf die Annahme, dafs es weiter keiner Modificirung des Auges zum Fern- und Nahesehen bedürfe, als einer Veränderung der Pupille. Dafs aber eine eigentliche Adjüstirung des Auges erfordert werde, geht daraus evident hervor, dafs nach allgemeiner Erfahrung hohle oder erhabene Linsen den Mangel der Fähigkeit dieser Veränderung beim Auge ersetzen, indem Kurzsichtige entfernte, Weitsichtige aber nahe Gegenstände mit der nämlichen Undeutlichkeit sehen, als ein unrichtig adjüstirtes Fernrohr sie zeigt. Die hierzu erforderliche Veränderung des Auges mufs also darin bestehen, dafs entweder die Krystalllinse bei entfernteren Gegenständen der Retina näher rückt, bei näheren dagegen sich weiter davon entfernt, indem die Netzhaut selbst unbeweglich ist, oder die Krystalllinse mufs ihre Form ändern, und zwar flacher werden beim Anblick entfernter Gegenstände, convexer bei nahen; oder endlich die Form des Auges mufs sich ändern, und zwar in der Art, dafs es bei entfernten Gegenständen flacher wird, um die zu grofse Nähe des Bildes hinter der Linse zu compensiren, bei nahen dagegen convexer oder länger. Dafs irgend eine dieser Veränderungen statt finde, ist nicht zu bezweifeln, indem dieses vielmehr schon aus der fühlbaren Anstrengung des Auges beim Sehen sehr naher oder sehr entfernter Gegenstände hervorgeht, welche auf keinen Fall statt finden könnte, wenn das Auge hierbei auf gleiche Weise blofs leidend wäre, als beim Sehen derjenigen Gegenstände, welche sich in der *distantia visionis distinctae* befinden, und ohne Ermüdung anhaltend gesehen werden.

Welche von den angegebenen Veränderungen des Auges zur Hervorbringung des gesuchten Effectes indefs statt finden möge, ist schwer zu entscheiden. KEPLER[2] glaubte, dafs beim Sehen naher Gegenstände der Strahlenkörper durch seine Zusammenziehung die gläserne Feuchtigkeit drücke, welche dann die

1 Biol. VI. 505.
2 Dioptr. prop. 64.

Krystalllinse vorwärts treibe, und so das Auge verlängere. Diese Meinung hat auch PORTERFIELD [1] vertheidigt, indem er angab, der Strahlenkörper sey im natürlichen Zustande schlaff, und das Auge kürzer, könne daher entfernte Gegenstände ohne Anstrengung sehen, bei nahen aber finde die ermüdende Anstrengung zur Verlängerung des Auges statt. Auch ZINN [2] pflichtet im Ganzen dieser Meinung bei, daſs der Strahlenkörper die Lage der Linse ändere; jedoch geschähe dieses nicht durch muskulöse Fibern, sondern durch den Zufluſs mehrerer Säfte in die Gefäſse desselben, wodurch er anschwelle, die gläserne Feuchtigkeit presse und die Krystalllinse vordrücke. SCHEINER und CARTESIUS [3] nahmen an, durch die Zusammenziehung des Strahlenkörpers werde die Krystalllinse selbst convexer. JURIN [4] meint, für entferntere Gegenstände zögen sich die Strahlenfasern zusammen, und brächten die vordere Seite der Kapsel der Krystalllinse etwas vorwärts, dadurch flieſse das Wasser in der Kapsel von der Mitte nach dem erhobenen Theile hin, die wässerige Feuchtigkeit aber von dem erhobenen Theile der Kapsel nach der Mitte, und die Vorderfläche der Linse werde weniger convex. Für nähere Gegenstände wirke ein Muskelring an der Iris, der die Hornhaut erhabener mache. PEMBERTON dagegen glaubte [5], die Krystalllinse habe selbst muskulöse Fibern, welche ihre Krümmung den Entfernungen gemäſs veränderten. Eben diese Meinung hegen HUNTER [6] und YOUNG, welcher letztere gegen KEPLER's Ansicht schon früher einwandte, daſs die Strahlenfasern keine Muskeln enthielten [7] und daher vielmehr in der faserigen Structur der Linse selbst das Mittel zur Veränderung ihrer Convexität zu suchen sey [8]. Auch WELLS [9] hält die veränderliche Form der Linse für die einzige Ursache

1 Treatise on the eye. Edinb. 1759. II Vol. 8.

2 Progr. de ligamentis ciliar. Gott.

3 Dioptr. cap. 3.

4 Smith's Opt. p. 497.

5 De facultate oculi quâ ad diversas rerum dist. se accomodat L. B. 1719. in Halleri Disp. Anat. IV. 131.

6 Phil. Trans. 1794. p. 21.

7 Ebend. 1793. p. 169.

8 Ebend. LXXXIII. p. 169. 1801. n. 2. p. 71.

9 Ebend. 1811. II. G. XLIII. 129 u. 141.

dieser Einrichtung des Auges, welche durch Muskeln hervorgebracht werde. Albinus, dessen Meinung Musschenbroek[1] annimmt, sucht die Ursache in der *corona ciliari*, welche beim Sehen naher Gegenstände erschlaffe, wefswegen die von den Häuten geprefste gläserne Feuchtigkeit die Krystalllinse vordrücke, und von der Netzhaut entferne, wodurch auch die Linse selbst flacher werde. Dafs nach Camper der Petit'sche Canal die Form der Linse ändern soll, und nach Sauvages das Anschwellen dieses Canals durch Elektricität bewirkt werde, liegt zu weit von der Sache, als dafs es einer weiteren Erörterung bedürfte. Ueberhaupt hat schon Porterfield[1] gezeigt, dafs die Structur der Linse und die Abwesenheit aller Muskeln in derselben der Hypothese von einer Veränderung ihrer Form als unübersteigliche Hindernisse entgegen stehen. Der heftigste Gegner Young's hinsichtlich der von diesem vertheidigten Meinung war indefs Hosack[3]. Er setzt ihm entgegen, dafs die Linse völlig durchsichtig sey, durch einen muskulösen Bau aber das Licht ungleich brechen müsse. Aufserdem komme man bei der angenommenen Zahl dieser Muskeln in Verlegenheit, indem Young ihrer sechs zwischen jede Lamelle setze, und da Leuwenhoek 2000 der letzteren gefunden haben wolle, so gäbe dieses die ungeheuere Menge von 12000. Die feinsten Untersuchungen wollten ihm aber nichts von einer muskulösen Structur der Linse zeigen, und da Patienten auch nach der Staaroperation ohne Linse in ungleiche Entfernungen sehen könnten, so sey die ganze Hypothese Young's zu verwerfen. Dieser will indefs das letztere Argument nicht gelten lassen, indem er mit Porterfield behauptet, nach der Operation könne sich das Auge den verschiedenen Weiten nicht mehr anpassen.

Von diesen, im Wesentlichen einander ähnlichen Ansichten verschieden ist Molinet's Theorie, wonach die vier geraden Augenmuskeln bei entfernten Gegenständen die Sklerotica zusammenziehen, und dadurch des Auge verkürzen sollen. Bohn und Boerhave meinten dagegen, sie zögen die Sklerotica von der Cornea zurück, und verlängerten hierdurch das

1 Introd. II. 1884.

2 On the eye. I. 442.

3 Phil. Traus. LXXXIV. II. 196.

Auge für nahe liegende Objecte. HOSACK hat diese Meinung ohne genügende Sachkenntnifs vertheidigt, und AUTENRIETH [1] ist ihr beigetreten, indem er aufser den geraden Muskeln auch die schiefen hierbei thätig seyn läfst. Später hat OLBERS [2] sie in Schutz genommen, und Ev. HOME [3] sie sehr in Ansehen gebracht, indem er sie durch mehrere Versuche unterstützte, in welchen er in Verbindung mit ENGELFIELD und RAMSDEN vermittelst eines Mikrometers die vermehrte Convexität der Cornea beim Anblick entfernter Gegenstände gemessen haben will. Mit Recht zieht aber TREVIRANUS die Möglichkeit solcher Versuche und die Gültigkeit der daraus erhaltenen Resultate in Zweifel. Inzwischen hat HOME seine Hypothese auch später vorzüglich gegen YOUNG [4] vertheidigt, und diesem entgegengesetzt, dafs Personen ohne die Krystalllinse nahe und entfernte Gegenstände sehen können, wefswegen sehen die hierzu erforderliche Veränderung des Auges in diesem Theile nicht zu suchen sey. Die meisten Anatomen verliefsen daher jene Meinung, obgleich Beispiele des deutlichen Sehens naher und entfernter Gegenstände ohne Linse unter die grofsen Seltenheiten gehören. Aufser dem Beispiele übrigens, welches HOME zur Vertheidigung seiner Meinung gegen YOUNG erzählt, findet man die Sache auch durch v. HALLER [5] aus fremder und eigener Erfahrung erwähnt. Gegen die Hypothese indefs, dafs die Veränderung des Auges durch die geraden Muskeln bewirkt werden sollen, hat schon v. HALLER [6] erinnert, dafs die Sklerotica zu hart sey, um dem Drucke der Muskeln nachzugeben. Auf allen Fall findet man bei einigen Fischen eine so harte Sklerotica, dafs auch noch stärkere Muskeln kein Zusammendrücken derselben bewirken könnten. Vorzüglich aber erinnert TREVIRANUS [7] dagegen, dafs die geraden

1 Handb. der empir. menschl. Physiol. III. 150.

2 De Ocul. mut. int. Dieser zeigt durch Rechnung, dafs der Halbmesser der Krümmung der Cornea sich nur zwischen 0,333 und 0,300 engl. Dec. Z. zu ändern nöthig hat, um das Sehen aus Entfernungen von 4 Z. bis in unendliche Ferne möglich zu machen.

3 Phil. Trans. 1795. 1 ff. 1796. 1 ff.

4 Ebend. 1802. 1 ff.

5 Elem. Phys. V. lib. XVI. §. 25. p. 514.

6 Ebend. V. 516.

7 Biol. VI. 526. Auch J. MILE in Magendie Journ. de Phys. VI. 166. verwirft die Adjüstirung der Augen durch die Muskeln, weil diese

Augenmuskeln den Augapfel nur nach vorn umfassen, und daher keine gleichförmige Pressung hervorbringen können. Ob dann ferner der Druck so stark seyn könne, um die Hornhaut auszudehnen, zieht er mit Recht in Zweifel, und wäre ein solcher wirklich vorhanden, so würde dadurch die Netzhaut in Falten gelegt, der Sehnerv und die übrigen Nerven gegen den Grund der Augenhöhle gedrängt, und hierdurch das Sehen gestört werden. Endlich aber müſste das Auge einen Widerhalt haben, oder die Muskeln müſsten dasselbe durch ihre eigene Starrheit zusammendrücken, welches Erstere nicht statt findet, Letzteres aber damit im Widerspruche steht, daſs beim Erstarren der Muskeln nach dem Tode die Cornea dennoch einsinkt. Endlich aber entscheidet sehr dagegen, daſs die Augen zuweilen nach Apoplexieen ihre Beweglichkeit beibehalten, aber ihr Vermögen, sich für nahe Gegenstände zu adjüstiren, einbüſsen, wie Home selbst beobachtet hat [1], deſsgleichen die Resultate der Versuche, welche Wells [2] und Cutting mit Belladonna-Extract anstellten, deren Wirkung die Augenmuskeln nicht afficirte, dennoch aber das Auge weitsichtig machte, so wie endlich die mit groſser Genauigkeit gemachten Messungen Young's [3], woraus sehr deutlich folgt, daſs weder die Convexität der Cornea, noch die Axe des Auges bei ungleicher Entfernung der gesehenen Gegenstände verändert wird. Ein sehr nahe liegendes Argument scheint man weniger beachtet zu haben, nämlich daſs viele Augen durch anhaltendes Sehen in gleich groſser Entfernung zwar die Beweglichkeit der Muskeln, aber nicht das Vermögen, sich für andere Entfernungen einzurichten, beibehalten, eine namentlich bei fleiſsigen Gelehrten und Geschäftsmännern nicht selten vorkommende Erscheinung.

Eine dritte, vielseitig unterstützte Meinung ist, daſs die

überall nicht drücken, sondern bloſs ziehen können. Daſs übrigens nach seiner Meinung die erforderliche Einrichtung des Auges von der Pupille abhängen, diese aber durch Diffraction verschiedene Bilder erzeugen und zugleich die Krümmung der Cornea ändern soll, scheint mir auf gleiche Weise undeutlich und unzulässig.

1 The London medical Repertory 1816 Vol. V. Journ. of Science and of the Arts. I. 86.

2 Ebend.

3 Phil. Tr. 1801. p. 60. ff.

Erweiterung und Verengerung der Pupille das Sehen in ungleicher Entfernung bedinge. Diese hat schon La Hire [1] aufgestellt, indem er annahm, die Pupille verengere sich bei Betrachtung naher Gegenstände, wie auch Scheiner [2] beobachtet haben will. Nachdem man diese Hypothese lange nicht mehr beachtet hatte, wurde sie aufs Neue vertheidigt durch Le Roi [3] und v. Haller [4]. Letzterer sagt, die Strahlenfasern seyen zu schwach und nicht muskulös, hingen auch nicht an der Linse, und bei dem grofsen Umfange der Grenzen des Sehens mancher Augen müfsten die Wirkungen weit beträchtlicher seyn, als Bewegung und Veränderung der Linse hervorzubringen vermöchten. Ueberhaupt sey im Auge keine Bewegung vorhanden, aufser der Erweiterung und Verengerung der Pupille, Jurin's Muskelring sey ein Unding, die Kraft der äufsern Muskeln zu grob für so feine Veränderungen, auch gäbe die äufsere Haut ihrem Drucke nicht nach. Dagegen sey die Verengerung der Pupille völlig hinreichend, die Erscheinung zu erklären, indem auch im verfinsterten Zimmern die Bilder naher Gegenstände deutlicher würden, wenn man die Oeffnung verkleinere. Mehrere neuere Physiologen, z. B. Wells [5], Ware [6], Dungliston [7], sind Anhänger dieser Meinung, oder finden mindestens einen Zusammenhang zwischen Fernsehen und Erweiterung der Pupille, weil beide Wirkungen (jedoch nicht allgemein) durch Belladonna-Extract hervorgebracht werden.

Wenn indefs die Behauptung auch richtig ist, dafs die Pupille sich bei Betrachtung naher Gegenstände mehr zusammenziehe, wie nach den von Olbers [8] angestellten Beobachtungen kaum bezweifelt werden kann, so läfst sich dieses leicht daraus erklären, dafs von nahen Gegenständen mehr Licht in das Auge

1 Mém. de l'Ac. de Par. IX. 351. ff. Acc. de la vue §. II.

2 Oculus p. 31.

3 Mém. de Par. 1755. p. 594.

4 Elem. Phys. V. 516.

5 Phil. Trans. 1811 p. 378.

6 G. LIII. 260.

7 Annals of philos. 1817. Dec. p. 432.

8 De oculi mut. int. p. 11. Bei einer Veränderung der Gesichtsweite von 4 zu 28 Z. veränderte sich die Oeffnung der Pupille bei hm im Verhältnifs von 100: 136.

fällt, als von fernen, und dieses bedingt der allgemeinen Erfahrung gemäſs die gröſsere oder geringere Weite der Pupille. Uebrigens ist nicht füglich abzusehen, wie aus dieser Bedingung der angegebene Effect nach optischen Regeln folgen könne. Kurzsichtige pflegen im Gegentheil die Augenlieder mehr zusammenziehen (das sogenannte Blinzeln), wenn sie ferne Gegenstände sehen wollen, allein dieses geschieht, um den Lichtreiz des wenigen Lichtes zu verstärken, und dadurch besser zu sehen. Man sieht ferner im Mondenschein und beim Tageslichte, kurz bei sehr verschiedener Lichtstärke nahe und ferne Gegenstände mit sehr ungleicher Weite der Pupille, und wenn man erst einen nahen, im Dunkeln liegenden Gegenstand betrachtet, und dann einen entfernten sehr hellen, so wird die Pupille im ersten Falle oft doppelt so weit als im letzteren seyn, abgesehen von denjenigen Beispielen, wonach Personen mit unbeweglicher Pupille in ungleiche Entfernungen deutlich gesehen haben sollen [1]. Am wahrscheinlichsten bleibt daher noch die Meinung derjenigen, welche annehmen, daſs die Lage der Linse durch die Wirkung der inneren Theile im Auge namentlich der Ciliarfortsätze, verändert werde, indem diese durch ihre Turgescenz die Linse etwas vordrücken [2]. Hierfür spricht der Petit'sche Canal, durch welchen eine Bewegung der Linse möglich wird, desgleichen die mit dem Sehen naher und ferner Gegenstände verbundene Erweitererung und Verengerung der Pupille, welche wahrscheinlich mit einer Veränderung des Strahlenkörpers in Verbindung steht, und der bei manchen Thieren vermuthlich für diesen Zweck mehr entwickelte Fontana'sche Canal [3]. Wenn Treviranus [4] eine solche Bewegung der Linse wegen

1 K. Svensk. Wetensk. Handl. 1759. T. I. Journ. de Med. 1762. Mars.

2 Vrgl. Pemberton de facultate oculorum ad diversas rerum conspect. distantias se accommodandi. L. B. 1719. Reil, resp. Krüger de oculi mutat. internis. Halae. 1797. 8. Olbers de oculi mut. internis. Gott. 1783. 4. J. Ware Observations relative to the near and distant sight of different Persons. Phil. Trans. 1813. 131.

3 Rudolphi Phys. II. 214.

4 Biologie VI. 521, wo man den Gegenstand ausführlich und mit Nachweisung der Literatur erörtert findet. Einige zu wenig begründete Hypothesen, z. B. von Grim diss. de Visu. Gott. 1758, und von Vallée in Journ. de Physiol. expér. par Magendie 1821. Avril p. 144

der Zartheit aller umgebenden Theile in Zweifel zieht, so kann man entgegnen, dafs die zarte Iris sich gleichfalls mit Leichtigkeit bewegt, und dafs es bei dem geringen Abstande der Linse von der Retina nur einer unmerklichen Näherung derselben bedarf, um für die entferntesten Gegenstände eingerichtet zu seyn. Selbst dafs die Augen so leicht diese Fähigkeit verlieren, läfst sich als Argument dafür anführen.

Vor Kurzem hat J. Brewster [1] die vorliegende Frage zu beantworten gesucht, zu diesem Ende sinnreiche Versuche angestellt, und vereinigt, nach dem Ergebnisse derselben, die beiden zuletzt mitgetheilten Meinungen. Er fand nämlich, dafs einzelne auf ein Blatt Papier geschriebene Worte, welche er dem Auge in verschiedenen, die Grenzen des deutlichen Sehens auf beiden Seiten übersteigenden Abständen näherte, bei zu geringer Entfernung undeutlich wurden oder ganz verschwanden, wenn sie, obgleich hinlänglich, doch weniger erleuchtet waren, und wieder sichtbar wurden, wenn er directe Lichtstrahlen von einer Kerze ins Auge fallen liefs, um dadurch eine stärkere Zusammenziehung der Pupille zu veranlassen. Wurden die Worte dagegen durch zu grofse Entfernung undeutlich, so machte er sie dadurch deutlicher sichtbar, dafs er den Eindruck des stär-

desgleichen in Traité de la Science du Dessin cet. par L. L. Vallée. Par. 1821. 4. p. 266 und 394 können hier nicht erwähnt werden. Letzterer meint, die Lichtstrahlen würden in der gläsernen Feuchtigkeit so gebrochen, dafs sie eine gegen die Axe convexe Curve bildeten, welche vor der Retina mit der Axe tangirend zusammenfiele, so dafs also gar keine Einrichtung des Auges für verschiedene Entfernungen nöthig wäre. Diese Hypothese ist indefs blofs aus der Luft gegriffen, und streitet ganz gegen die Beschaffenheit der gläsernen Feuchtigkeit und ihre lichtbrechende Eigenschaft. Simonow endlich in Magendie Journ. de physiol. V. 260 will aus den Gesetzen der Lichtbrechung im Auge berechnet haben, dafs die Entfernung der Objecte bei der Erzeugung der Bilder auf der Retina keinen Unterschied mache sie möge = 0,25 Meter oder unendlich seyn, und dafs sonach gar keine Adjüstirung des Auges erfordert werde. Da diese Behauptung aber gegen alle bisher mitgetheilte Thatsachen streitet, so begreife ich nicht, wie man sie überhaupt aufstellen kann. Dennoch aber verwirft Magendie, gestützt auf die Autorität Simonow's, die Adjüstirung der Augen gleichfalls. S. dessen Précis élément. de Physiol. 2me ed. Par. 1825. I. 73.

1 Edinb. Journ. of Science. Nr. I. p. 77.

keren Lichtes vom Auge entfernte, um eine Erweiterung der Pupille zu bewirken. Zum Beweise, daſs die der Pupiille bedingt werde, beruft er sich auſserdem auf die interessante Erfahrung über den Effect der Belladonna, welche mit der Erweiterung der Pupille zugleich Weitsichtigkeit erzeugt, desgleichen daſs Kurzsichtige in der Dunkelheit der Nacht bei übrigens hellem Himmel die Abstände der einzelnen Sterne im Sternbilde der Pleiaden und auch die Umrisse entfernter Berge unterscheiden können. Auf alles dieses gründet er dann den Schluſs, 1. daſs die Verengerung der Pupille, welche das deutliche Sehen naher Gegenstände begleitet, das deutliche Sehen derselben nicht durch die Verkleinerung der Oeffnung unmittelbar, sondern durch eine andere gleichzeitige Wirkung möglich macht; 2. daſs es zwei Mittel der Adjüstirung der Augen giebt, ein willkürliches und ein automatisches; 3. daſs in den Fällen, wo die willkürliche Adjüstirung nicht ausbricht, eine automatische durch den Einfluſs des stärkeren oder schwächeren Lichtes den Mangel ersetzen kann. Hiernach würde also die Einrichtung des Auges zum deutlichen Sehen naher und ferner Gegenstände durch Zusammenziehung und Ausdehnung der Pupille, jedoch nur mittelbar bewirkt, und dieses könnte dann auf keine andere Weise geschehen, als dadurch, daſs durch die Erweiterung der Pupille die Linse der Retina näher gerückt, durch Verengerung dagegen weiter von derselben entfernt würde. Indem aber Letzteres auf die bereits angegebene Weise für die so sehr geringen Veränderungen, wie sie erforderlich sind, leicht bewerkstelligt werden kann, so scheint diese Hypothese zur Beantwortung der so lange streitigen Frage völlig genügend.

Form und Beschaffenheit der Augen finden wir den Medien angepaſst, worin die Thiere der höheren Classen zu sehen bestimmt sind. Nehmen wir die Beschaffenheit der Augen der Säugethiere als in der Mitte liegend, so sind die Augen der Fische vorn abgeplattet, hinten kugelförmig vorspringend, haben wenig wässerige Feuchtigkeit, eine groſse mehr kugelförmige Krystalllinse und einen groſsen Glaskörper, weil sie in einem, das Licht stärker als die Luft brechenden Medio leben. Die Vögel dagegen, welche in der verdünnten Luft sehen, haben viele wässerige Feuchtigkeit, eine flache Krystalllinse, kleinen Glaskörper und das Auge hinten abgeplattet.

Das menschliche Auge unterliegt mehreren Fehlern, welche

man mit Ausschluſs der eigentlichen Augenkrankheiten mit dem Namen *Gesichtsfehler* zu bezeichnen pflegt. Nach G. Cullen[1] giebt es deren drei Hauptarten, die *Verdunkelung* (*caligo*) wozu auch der schwarze Staar (*amaurosis*) gezählt werden kann, die *Gesichtsschwächen* (*dysopia*) und das *Falschsehen* (*pseudoblepsis*).

1. Unter die bedeutendsten Fehler der Augen gehören die verschiedenen Arten der Verdunkelung. Am gemeinsten ist eine selten angeborne und erbliche, meistens erst in späteren Jahren allmälig entstehende, stets zunehmende Trübung der Krystalllinse und ihrer Häute, der *graue Staar* genannt, (*cataracta, caligo lentis, gutta opaca*) welcher durch Herausziehen der Linse, oder durch Niederdrücken derselben, oder durch Zerstückelung geheilt wird[2]. In den beiden letzteren Fällen löset sie sich im ersteren in der gläsernen, im letzteren in der wässerigen Feuchtigkeit auf. Bis dieselbe sich wiedererzeugt, muſs zum Ersatz die sogenannte *Staarbrille* gebraucht werden, welche so viel convexer seyn muſs, je weitsichtiger die Patienten vorher waren, und bei sehr Kurzsichtigen ganz entbehrt werden kann. Verdunkelung der gläsernen Feuchtigkeit, und daraus entstehende Blindheit heiſst der *grüne Staar* (*glaucoma*) wenn anders diese Krankheit auf die hier angegebene Weise richtig bezeichnet wird[3]. Am gefährlichsten und in der Regel unheilbar ist der *schwarze Staar* (*amaurosis, gutta serena*), welcher bei anscheinend völliger Klarheit des Auges sich vorzüglich durch starke Erweiterung und Unbeweglichkeit der Pupille zeigt, und von einer Lähmung des Nerven oder Unempfindlichkeit der Retina herrührt, zuweilen aber auch aus einer

1 Synopsis nosologiae method. ed. quarta. cur. J. P. Frank. Ticin. 1787. 8. deutsch: Kurzer Inbegriff d. medic. Nosologie. Leipz. 1786. 8. S. 399. Ob diese Eintheilung in der Sache selbst völlig begründet, und logisch strenge richtig sey oder nicht, darüber getraue ich mir nicht bestimmt zu entscheiden, indeſs erleichtert sie die Uebersicht, und genügt daher für meinen Zweck.

2 Weitläuftig handelt über den grauen Staar und dessen Heilung Weller d. Krankheiten des menschl. Auges, ein Handbuch für angehende Aerzte. 2te Aufl. Berl. 1822. S. 150.

3 Weller a. a. O. S. 201.

Anhäufung und Stockung der Säfte im Kopfe, aus allgemeiner Schwäche, Krampf oder durch Gifte entstehen kann, welche von Innen oder von Aufsen im Körper verbreitet sind. Sonst ist auch die Verdunkelung des Auges eine natürliche Folge von Flecken und dicken Häuten auf der Cornea, vom Mangel der wässerigen Feuchtigkeit, und von der Verwachsung des Sterns, in welchem Falle durch eine künstliche Pupille Heilung herbeigeführt werden kann.

2. Die gemeinsten Fehler, welche unter die Classe der *Gesichtsschwächen* (*dysopia*) gerechnet werden können, sind Weitsichtigkeit und Kurzsichtigkeit [1].

Derjenige Fehler, welcher selten angeboren ist, desto häufiger aber das alternde Auge trifft, ist die *Weitsichtigkeit*, und die hiermit Behafteten heifsen eben deswegen *Presbyten* (*presbytae*; *πρεςβύται*; *presbyopes*). Blofs in denjenigen Fällen, wenn Kinder frühe der Vergröfserung wegen bei Verfertigung feiner Arbeiten, z. B. der Spitzen, durch convexe Linsen sehen, wird auch das jugendliche Auge weitsichtig, auch werden Schiffer und Landleute, welche viel in die Ferne sehen, nach Adams leicht weitsichtig und gebrauchen stark vergröfsernde Gläser. Ein weitsichtiges Auge ist dasjenige, welches zum deutlichen Sehen eine gröfsere Entfernung bedarf, als die gewöhnliche des sogenannten deutlichen Sehens, wobei es von selbst einleuchtet, dafs diese von einem Fufse bis zu zwei und drei und mehrere zunimmt. Von diesem Fehler des Auges überzeugt man sich dadurch, dafs die in gewöhnlicher Entfernung befindlichen Gegenstände, am meisten mäfsig grofse Schrift, undeutlich und mitunter doppelt erscheint, dafs grofse Schrift und in weiterer Entfernung leichter gelesen wird, dafs das Auge, um in der Nähe zu sehen, vieles Licht bedarf, entfernte Gegenstände aber leicht erkennt, und dafs ein deutliches Erkennen naher Gegenstände nur mit Mühe und durch besondere Anstrengung des Auges bei vielem Lichte möglich ist. Bei anfangender Weitsichtigkeit wird daher über Undeutlichkeit des Gesehenen, Verdoppelung der Bilder und Schwäche der Augen geklagt, auch pflegen dann die daran Leidenden, wenn sie beim Kerzen-

1 Richter Anfangsgründe der Chirurgie. III. 489. Ware in Phil. Trans. 1813. 1 ff.

lichte sehen wollen, dieses zwischen das Object und das Auge zu halten, um für letzteres einen stärkern Lichtreiz zu erhalten, welches Mittel indeſs dem Auge nachtheilig ist.

In vielen Fällen macht das Alter indeſs nicht eigentlich weitsichtig, sondern es tritt vielmehr Schwäche des Sehvermögens ein, es entsteht *Amblyopie*, welche mit Fernsichtigkeit verwechselt wird, weil solche Personen die Mangelhaftigkeit ihres Gesichtes bei nahen und kleinen Objecten zuerst empfinden. Eigentliche Weitsichtigkeit nimmt übrigens mit dem Alter zu, obgleich es Personen giebt, welche lange convexe Brillen gebraucht haben, und sie dann mit einemmale entbehren können, welches ohne Zweifel Folge einer Vermehrung der wässerigen Feuchtigkeit ist [1].

Die physische Ursache der Weitsichtigkeit liegt in der geringen Erhabenheit der Cornea und der nicht genügenden Convexität der Linse, weſswegen zwar der Brennpunct derjenigen Lichtstrahlen, welche von entfernten Gegenständen kommen, die Netzhaut trifft, derjenigen aber, welchen nahe Objecte erzeugen, hinter dieselbe fällt. Unter die seltenen Erscheinungen gehört endlich eine solche Beschaffenheit der Augen, daſs weder nahe noch ferne Gegenstände ohne convexe Gläser deutlich gesehen werden können, wie nach den Operationen des grauen Staares. Indeſs hat Janin [2] diesen Fehler beobachtet, dessen Ursache er einer zu groſsen Flachheit der Linse zuschreibt.

Der entgegengesetzte Fehler ist die *Kurzsichtigkeit*, wenn das Auge nur von nahen Gegenständen ein scharfes Bild erhält. Diese Abnormität des Auges ist unter den niedern Volksclassen äuſserst selten [3], unter den höheren Ständen dagegen zuweilen angeboren und sogar erblich, wird aber bei weitem am häufigsten durch anhaltendes Sehen naher und kleiner Gegenstände, durch vieles Sehen in die Flamme eines Lichtes oder Feuers, oder zu stark erleuchtete Gegenstände [4], hauptsächlich aber

1 Rudolphi Phys. II. 215.

2 Mém. et Observations sur l'oeil. Par. 1772. 8. p. 429. deutsch Berl. 1776. 8.

3 Ware in Phil. Trans. 1813. I. p. 31. G. LIV. 253.

4 Dieser Umstand dient sehr zur Bestätigung der Meinung Brewster's über die Adjüstirung des Auges. Sehr erleuchtete Gegenstände ziehen nämlich die Pupille zusammen, ohne dem Auge näher zu kommen, und machen es also künstlich kurzsichtig.

durch Angewöhnung erzeugt, und ist daher ein gemeiner Fehler der Bewohner groſser Städte mit engen Straſsen, der Gelehrten, welche viele kleine Schrift lesen [1], und derjenigen, welche ununterbrochen feine Arbeiten verrichten. Die hieran Leidenden nennt man *Myopen* (*myops* von μύω schlieſsen und ὤψ das Auge, wegen des gemeiniglich damit verbundenen Blinzelns), und rechnet darunter alle diejenigen, bei denen die Weite des deutlichen Sehens geringer ist, als 8 Par. Zolle, von welcher Gröſse sie bis zu 2 Z. und weniger abnimmt. In der Regel ist das kurzsichtige Auge sonst gut und dauerhaft [2], sieht bei wenigem Lichte scharf, und unterscheidet in der Nähe deutlich kleine Gegenstände. Weil es aber Anstrengung erfordert, beide Augenaxen auf den nämlichen Punct zusammenzubiegen, dieses aber bei einem niederwärts gehaltenen Objecte leichter ist, als bei einem höheren, die hieran einmal gewöhnten Augen sich indeſs für letzteres leichter auf einen entfernten Punct richten, so werden Kurzsichtige leicht übersichtig (statt daſs Presbyten für nahe Gegenstände leicht niedersichtig sind) [3], lesen gern kleine Schrift und schreiben eine kleine Hand, um viel in einem nahen Raume zu übersehen und eine zu starke Bewegung der Augen oder des Kopfes zu vermeiden. Sehr Kurzsichtige, welche zugleich viel lesen müssen, und um den Kopf nicht zu sehr niederzubeugen, die Bücher in einer Hand halten, nehmen leicht die Gewohnheit an, das zu Lesende seitwärts zu halten, wodurch indeſs den Augen der Nachtheil zuwächst, daſs entweder das eine Auge, indem es gegen die Nase gerichtet ist, ganz unthätig bleibt, oder daſs beide Augen eine verschiedene Weite des deutlichen Sehens annehmen. Indem ferner die Kurzsichtigen weder diejenigen, mit denen sie reden, noch die umgebenden Gegenstände genau sehen können, so benimmt dieses ihren Augen die Klarheit, und erzeugt eine Art von Stumpfheit und Unbeholfenheit im Benehmen. Die physische Ursache der Kurzsichtigkeit liegt in einer zu groſsen Convexität der Cornea und der Krystalllinse, weſswegen sie auch am häufigsten den dicken

1 Blagden in Phil. Tr. 1813. p. 110.

2 Ob diese häufig geäuſserte Meinung bestimmt gegründet sey, bezweifelt Rudolphi Phys. II. 215.

3 Vieth bei G. LVIII. 241.

und hervorstehenden Augen eigen ist, oder in einer zu grofsen Entfernung der Krystalllinse von der Netzhaut.

Man sollte glauben, dieser Fehler müsse mit zunehmendem Alter von selbst geringer werden oder ganz aufhören, allein die Erfahrung ergiebt das Gegentheil [1], welches ADAMS sehr richtig vom gewohnten Gebrauche der Gläser ableitet, wozu man setzen kann, dafs die ihn erzeugenden Ursachen gewöhnlich fortzudauern pflegen. Er wird daher nur dann mit der Zeit abnehmen, wenn kurzsichtige Personen sich viel im Freien aufhalten, und sich fortwährend anstrengen, fern und stufenweise entferntere Gegenstände zu sehen, z. B. auf der Jagd u. drgl. [2].

Es läfst sich hier ein anderer Fehler anreihen, nämlich eine Art von Kurzsichtigkeit derjenigen, welche hauptsächlich durch anhaltendes Lesen und Schreiben, und damit verbundenes unausgesetztes Betrachten der Gegenstände in einer gewissen unveränderten Entfernung die Fähigkeit des Auges, sich für ungleiche Entfernungen einzurichten, verlieren. Auch bei diesen werden, wie bei den eigentlich Kurzsichtigen, entfernte, und, bei den Weitsichtigen, nahe Gegenstände kein scharf begrenztes, sondern ein undeutliches, breites, verworrenes und doppeltes Bild hervorbringen. Manche Augen sollen auch der eigenthümlichen Abnormität unterworfen seyn, dafs sie Gegenstände in der gehörigen Gesichtsweite deutlich erkennen, entferntere aber, bis auf einige hundert Fufs, nur undeutlich sehen, dagegen auf noch gröfsere und sehr grofse Entfernungen wieder scharfe Bilder geben. Ist dieses wirklich der Fall, so läfst es

1 WARE bei G. LIV. 273.

2 Eine lächerliche, und mit sich selbst im Widerspruche stehende Behauptung hat BALDWIN zu Prescot aufgestellt, indem er durch Erfahrung gefunden haben will, dafs kurzsichtige Augen durch convexe Gläser und weitsichtige durch Hohlgläser ihren normalen Zustand wieder erhalten haben sollen. Dafs dieses nicht seyn könne, ergiebt sich bald. Ist nämlich der Fehler so bedeutend, dafs Gläser gebraucht werden müssen, so können diese Augen durch die entgegengesetzt wirkenden Gläser gar kein Bild erhalten, und daher die erforderliche Anstrengung nicht üben. Ueberhaupt wäre es viel zweckmäfsiger, gar keine Gläser zu gebrauchen, und hierdurch den normalen Zustand durch allmälige Uebung wieder herzustellen, wie auch oft geschieht. S. Monthly Magaz. 1805. Dec. p. 421. G. XXVI. 361.

sich nicht anders als daraus erklären, daſs das Auge die Adjüstirung für geringere Entfernungen überspränge.

Noch muſs ich hier einer Hypothese gedenken, welche John Stack [1] aufgestellt hat, und welche, so unwahrscheinlich sie auch an sich ist, doch nicht anders widerlegt werden kann, als durch Untersuchung der Brechungskraft von Linsen kurzsichtiger und weitsichtiger Augen. Er behauptet nämlich, beide Fehler seyen Folge einer veränderten Dichtigkeit und Brechungskraft der in der Linse enthaltenen Flüssigkeit [2]. Dieser Behauptung nähert sich auch ein groſser Kenner der optischen Gesetze, David Brewster, in seiner Erklärung einer auffallenden Abnormität des Sehens, welche G. B. Airy an seinem linken Auge wahrnahm. Zuerst schien es diesem nämlich, als könne er mit diesem Auge gar nicht sehen; bald entdeckte er jedoch, daſs ihm runde Gegenstände elliptisch erschienen, und genauere Untersuchungen ergaben, daſs die Brechung des Lichtes in diesem Auge stärker war in einer mit der verticalen Linie einen Winkel von 35° bildenden Ebene, als in einer auf diese normalen. Brewster meint, dieser schon sonst beobachtete Fehler müsse in einer cylindrischen Krümmung der Cornea liegen, wie sich aus einem von dieser reflectirten Bilde ergeben würde, oder wahrscheinlicher in einer mangelhaften Symmetrie in der ungleichen Dichtigkeit der Krystalllinse [3]. Unter die höchst seltenen Abnormitäten gehört ein solcher Fall zuverlässig, und verdient daher, wenn er vorkommt, eine sorgfältige Beachtung. Einen ähnlichen abnormen Bau zeigt übrigens die oben mitgetheilte Beobachtung an, welche Th. Young an seinem eigenen Auge machte, daſs bei diesem die Weite des deutlichen Sehens nach den Versuchen mit Porterfield's *Optometer* 10 engl. Zolle betrug, wenn der feine Einschnitt in dem

1 Transact. of the Royal Irish Academy. Dublin 1788. 4 T. II. in Gren J. IV. 45.

2 Ausführlich handelt über die beschriebenen Fehler der Augen Ware in Phil. Trans. 1813. I. G. LIV. 253. Vergl. La Hire in Mém. de l'Acad. IX. 355. Boerhave de Morbis oculorum praelectiones publicae. Gott. 1750. Dessen Abhandlung von den Augenkrankheiten und derselben Cur. Uebers. von G. F. Clauden. Nürnb. 1751. Weller Diätetik für gesunde und schwache Augen. S. 156.

3 Edinb. Journ. of. Sc. Nr. XIV. p. 322.

Bleche vertical stand, und nur 7 Z., wenn derselbe die horizontale Richtung hatte [1].

Die beiden genannten Fehler der Augen, nämlich Kurzsichtigkeit und Weitsichtigkeit, welche Kepler [2] nach langem Nachdenken zuerst erklärte, und damit die Wirkung der Brillen in Uebereinstimmung brachte, lassen sich durch Linsengläser aufheben, worauf zugleich ein Beweis von der Richtigkeit der durch jenen grofsen Geometer aufgestellten Theorie des Sehens gegründet werden kann.

Brillen; *perspicilla;* lunettes, besicles, lorgnettes; *spectacles*; nennt man diejenigen Linsengläser, welche die unrichtige Weite des deutlichen Sehens compensiren, und demnach entweder convex oder concav seyn müssen. Beide Fehler der Augen, nämlich Weitsichtigkeit, wobei die Bilder naher Gegenstände hinter die Netzhaut fallen, und Kurzsichtigkeit, wobei die Bilder entfernter Gegenstände dieselbe nicht erreichen, nebst der Art der Compensation dieses Mangels durch Linsengläser lassen sich durch Zeichnung leicht anschaulich machen. Bei jenen wird nämlich die Vereinigung der, von dem Fig. 215. nahen Objecte A B aus dem Puncte C ausgehenden Strahlen in k, also hinter der Retina geschehen; durch die vorgehaltene convexe Linse ll aber werden sie stärker zusammengebogen, und vereinigen sich auf der Retina in f; bei diesem aber fällt der Verei- Fig. 216. nigungspunct der von dem entfernten Objecte ausgehenden Strahlen vor die Netzhaut in k, wenn sie nicht vorher durch die concave Linse ll auseinander gebogen werden. Aus dieser einfachen Ansicht der Sache gehen folgende unbestreitbare Sätze hervor. 1. *Conservationsbrillen* oder *Präservativbrillen*, wenn man darunter solche versteht, welche das Auge gesund erhalten, gegen Schwäche oder Verderben schützen, oder dem schwachen und verdunkelten Auge hellere und schärfere Bilder geben sollen [3], kann es der Natur der Sache nach nicht geben, weil Gläser mit gebogenen Flächen jederzeit die Weite des deutlichen

1 Eine Abnormität, der hier angegebenen wahrscheinlich ähnlich, welche Fischer beobachtet hat, wird weiter unten bei den Gesichtsschwächen erwähnt werden.

2 Paralip. ad Vitell. p. 200.

3 Diesen Irrthum könnte auch Weller a. a. O. S. 190 leicht erzeugen.

Sehens verändern, mit parallelen Flächen aber keine andere Wirkung auf das Licht hervorbringen, als eine ihrer Helligkeit und Durchsichtigkeit umgekehrt proportionale Verminderung desselben. Brauchbar sind daher in dieser Hinsicht bloſs die sogenannten *Staubbrillen*, dünne, helle Gläser mit parallelen Flächen, welche also die entstehenden Bilder im Auge gar nicht modificiren, so gefaſst, daſs sie das Auge gegen Staub oder sonstige, dasselbe verletzende Körper schützen. Ist das Auge sehr reizbar, in welchem Falle das schwächere grüne Licht wohlthätig wirkt, so wendet man auch grüne Gläser hierzu an, wenn diese gleich für gewöhnliche Brillen nach ADAMS verwerflich sind. Man nennt indeſs auch Brillen mit langer Brennweite, welche daher bei dem wenig abnormen Auge und anfangender Veränderung der gehörigen Gesichtsweite anwendbar sind, *Conservationsbrillen*, und diese sind allerdings zulässig, obgleich sie das Auge, strenge genommen, nicht conserviren, vielmehr an künstliche Bilder gewöhnen.

2. Wie die Brillen für jedes abnorme Auge beschaffen seyn müssen, ergiebt sich leicht, wenn man berücksichtigt, daſs sie die, aus einer für das Auge unpassenden Entfernung gesehenen Objecte künstlich an den Ort des deutlichen Sehens bringen sollen. Für convexe Linsen sey daher [1] die Entfernung des Brennpunctes von denselben $= f$, der Abstand des Objectes $= b$; der Abstand des Bildes $= d$; so ist allgemein $d = \frac{bf}{b-f}$. Der Weitsichtige bedarf aber eines Glases, welches von nahen Gegenständen um die Weite b entfernt, ihm das Bild so ins Auge bringt, als sey es in der Entfernung seines deutlichen Sehens, welche hiernach also $= d$ seyn muſs. Indem aber das gesehene Bild an der von dem Auge abgewandten Seite der Linse seyn soll, so wird $d = \frac{-bf}{b-f}$, und hieraus $f = \frac{bd}{d-b}$; d. h. die convexe Linse muſs so geschliffen seyn, daſs ihre Brennweite dem Producte der Weite des deutlichen Sehens in die Weite des Gegenstandes vom Glase dividirt durch den Unterschied beider gleich ist. Wünscht also jemand, welcher in der Entfernung von 24 Z. deutlich sieht, ein Linsenglas, welches

1 S. *Linsengläser*.

ihm die Bilder der aus der Nähe zu betrachtenden Objecte in diese Entfernung setzen soll, so wird die Brennweite $\frac{24 \times 8}{24 - 8} = 12$ Z. seyn. Für ein Auge, welches Gegenstände in gröſster Entfernung deutlich sieht, kann man d unendlich groſs setzen, wodurch f = b wird, d. h. dasselbe sieht durch jedes convexe Glas Gegenstände deutlich, welche sich im Brennpuncte desselben befinden, wie dieses der Fall bei den Loupen ist. Für Hohlgläser, deren sich Kurzsichtige bedienen, ist $d = \frac{-fb}{b + f}$. Indem aber bei diesen Gläsern gleichfalls das Bild auf der vom Auge abgewandten Seite seyn muſs, so wird $d = \frac{fb}{b + f}$ und hieraus $f = \frac{db}{b - d}$ mit der obigen Formel identisch. Das Hohlglas muſs also bei gleich starker, aber umgekehrt abnormer Beschaffenheit des Auges auf gleiche Weise concav seyn. Wäre z. B. die Weite des deutlichen Sehens 4 Z., so würde die negative Brennweite $\frac{32}{4} = 8$ Z. seyn. Wäre das Auge nicht kurzsichtig, also d = b, so würde $f = \infty$, d. h. das Glas müſste von ebenen Flächen begrenzt seyn, bei einem unendlich kurzsichtigen Auge aber würde b = 0, und somit auch f = 0 werden. Für ein solches Auge also, welches um zu sehen, vom Objecte unmittelbar berührt werden müſste, ist kein Hohlglas möglich.

3. Hieraus ergiebt sich zugleich, auf welche Weise Brillen ausgesucht oder verfertigt werden können. Man darf nämlich nur für das abnorme Auge diejenige Weite in Par. Zollen messen, in welcher dasselbe ohne Anstrengung und am leichtesten mäſsig groſse und nicht zu stark erleuchtete Gegenstände deutlich erkennt, am besten beim Lesen gewöhnlicher Schrift, so sind die übrigen Gröſsen zur Bestimmung der Brennweite des erforderlichen Glases gleichfalls bekannt. Hält man z. B. einem Presbyten mäſsig groſse Schrift bei mittlerer Erleuchtung so hin, daſs er dieselbe deutlich und ohne das gewöhnliche Verwirren und Doppeltwerden der Buchstaben unterscheidet, findet dann die Entfernung vom Auge = 18 Z., so giebt die Formel die Brennweite eines für ihn tauglichen Glases $f = \frac{8 \times 18}{18 - 8} = 14{,}4$ Z. Hierbei ist indeſs wohl zu berücksichtigen, daſs der Er-

fahrung nach die nach dieser Formel ausgesuchten oder verfertigten Gläser zu scharf sind, d. h. die Gesichtsweite zu stark compensiren, entweder weil die Annahme von 8 Z. für die *distantia visionis distinctae* zu klein ist, oder weil die durch alle Gläser bewirkte scharfe Begrenzung der Bilder hierbei von Einfluſs ist. Geübte Künstler und erfahrene Brillenhändler wissen dieses indeſs, und nehmen bei der Wahl der bestellten Gläser hierauf Rücksicht, so daſs die Methode für diese ohne Nachtheil anwendbar ist. Will man indeſs die Brillen von gemeinen Händlern kaufen, wodurch man bei der jetzigen Vollkommenheit der Fabrik-Anstalten für geschliffene Gläser nicht durchaus schlechte erhält, so kann man die paſslichen leicht durch Probiren finden, indem man diejenigen aussucht, durch welche das Auge in mittlerer Weite des deutlichen Sehens ohne Anstrengung und ohne übermäſsige Schärfe der Bilder, ingleichen ohne auffallende Vergröſserung oder Verkleinerung der gesehenen Objecte deutlich sieht. Man kann die Probe zweckmäſsig auch darauf ausdehnen, daſs man beim Fehler der Kurzsichtigkeit entlegene, beim entgegengesetzten Fehler der Weitsichtigkeit aber nahe, bekannte, in der Umgebung befindliche, Objecte ohne besondere Anstrengung betrachtet, und auszumitteln sucht, ob das Auge sie deutlich und ohne merkliche Beschwerde erkennt. Brillen sind zu scharf, wenn der Weitsichtige bei ihrem Gebrauche das deutlich und ohne Anstrengung zu Sehende näher, der Kurzsichtige aber weiter vom Auge halten muſs, als in der mittleren *distantia visionis distinctae*, und so umgekehrt.

Hierbei ist aber Folgendes wohl zu berücksichtigen. Indem das Urtheil über Entfernung, Gröſse und Gestalt der gesehenen Gegenstände auf einer durch lange Uebung erhaltenen Fertigkeit der Schlüsse aus den im Auge erzeugten Bildern beruhet, jedes Brillenglas aber das gesehene Object an einem andern Orte zugleich auch etwas verkleinert oder vergröſsert und überhaupt in anderen Verhältnissen und modificirt zeigt, so befindet sich das Auge beim Gebrauche desselben in einer ungewohnten Thätigkeit, dieses erzeugt eine zwar unnöthige, aber meistens wirklich vorhandene, gröſsere Anstrengung, und eine hieraus gewöhnlich entspringende, zuweilen schmerzhafte Ermüdung. Hierin liegt der Grund, daſs manche, mit optischen Werkzeugen nicht vertraute, Personen anfangs durch dieselben gar nichts zu sehen behaupten, die Gröſse des Gesehenen so

ungleich angeben, und dafs der Gebrauch der Brillen, obgleich sie anfangs sehr passend für die Augen gefunden wurden, bald dieselben schmerzhaft afficiren. Fischer [1] sagt daher sehr richtig, man mufs durch optische Instrumente sehen lernen. Indefs sucht das, an den Gebrauch der Gläser einmal gewöhnte, Auge stets die gröfste Schärfe und Bestimmtheit der Bilder, welche in der Regel durch etwas zu scharfe Gläser gegeben werden. Man wählt daher leicht diese, gewöhnt das Auge an dieselben, und vermehrt durch wiederholten Uebergang zu solchen Gläsern den Fehler der Augen [2].

4. Man kann es kaum als Regel annehmen, dafs beide Augen auf ganz gleiche Weise an einem oder dem andern der genannten Fehler leiden, indem eine ungleiche Weite des deutlichen Sehens mindestens unter die sehr gewöhnlichen Ausnahmen gehört [3]. Ist indefs ersteres der Fall, so ist zugleich erforderlich, dafs beide Gläser einer Brille eine gleiche Brennweite haben. Bei convexen läfst sich dieses finden, wenn man die Brennweite derselben empirisch durch die Erzeugung eines Bildes hinter denselben [4] sucht, bei Hohlgläsern aber, welche nur einen imaginären Brennpunct haben, und daher kein wirkliches Bild erzeugen, kann man die Probe machen, indem man einen entfernten, in der horizontalen Ebene ausgedehnten Gegenstand, z. B. den First eines Daches, durch beide in einiger Entfernung von einem Auge gehalten, betrachtet, und prüft, ob beide den gleich entfernten Gegenstand in gerader Linie, gleich weit und auf gleiche Weise verkleinert zeigen. Der Gebrauch eines einzelnen Glases ist daher nachtheilig, weil dadurch jederzeit nur ein Auge angestrengt wird, und hieraus für die beiden Augen eine ungleiche Weite des deutlichen Sehens entsteht. Verwerflich ist daher auch der Gebrauch der grofsen, biconvexen, sogenannten *Lesegläser* der Presbyten, weil die in beide Augen zugleich fallenden Lichtstrahlen zu weit von der Axe des Glases durchgehen, und die Bewegung der Hand, worin dasselbe in wechselnden Abständen vom Auge gehalten wird, die Erzeu-

1 Lehrbuch d. mech. Naturlehre. Berl. 1819. II. 192. u. 221. Dritte Aufl. Berl. 1827. II. 202.

2 Ware in Phil. Tr. 1813. p. 31. Blagden ebend. S. 110.

3 Weller Diätetik u. s. w. S. 215. Vergl. weiter unten.

4 S. *Brennweite* Th. I. S. 1223.

gung fester und sich gleichbleibender Bilder hindert. Hierzu kommt noch der unangenehme Glanz des von der Oberfläche dieser Gläser reflectirten Lichtes, welcher den Augen schädlich ist.

5. Eine Vergröfserung oder Verkleinerung der durch Brillen betrachteten Gegenstände sollte in sofern billig nicht stattfinden, als blofs eine Abnormität des Auges zu compensiren ist. Weil aber das Brillenglas dem Auge das Object in die Entfernung seiner Brennweite setzt, zugleich aber unter demjenigen optischen Winkel zeigt, als wenn es sich in der Entfernung des deutlichen Sehens befände, so mufs nach denjenigen Gesetzen, worauf das Urtheil über die Gröfse der gesehenen Gegenstände beruhet, das convexe Glas vergröfsern, das concave aber verkleinern, u. z. in dem Verhältnifs der Weite des deutlichen Sehens zu der Entfernung, aus welcher die Strahlen durch ein Glas von gegebener Brennweite zur Vereinigung gebracht werden, oder $\frac{d}{b}$ mal $= \frac{f}{f-b}$. Nehmen wir also die Weite des deutlichen Sehens für Presbyten zu 12; 24 und 36 Z. statt der regelmäfsigen 8 Z. an, so bedürfen diese convexe Linsen von 24; 12 und 10,3 . . Z. Brennweite, deren Vergröfserung also = 1,5; 3; 4,5 fach ist. Für Kurzsichtige liegt das durch die Linse erzeugte Bild näher als das Object, und mufs daher verkleinert erscheinen, insofern auch hierbei die nämliche Beziehung des optischen Winkels stattfindet, u. z. im Verhältnifs von $\frac{b}{d} = \frac{b+f}{f}$. Ist demnach die Weite des deutlichen Sehens bei diesen = 6; 4 und 2 Z., so sind die Brennweiten der erforderlichen Gläser = 24; 8; 2,66... halb, mithin die Verkleinerungen 1,33 . . 2; 4.

6. Die Brillen, sowohl mit concaven als mit convexen Gläsern, müssen die von den mit kugelförmigen Oberflächen geschliffenen Linsen unzertrennlichen Fehler haben, nämlich die Abweichung wegen der Kugelgestalt und die Farbenzerstreuung, u. z. beides in einem desto höheren Grade, je kürzer ihre Brennweiten sind. Für den praktischen Gebrauch ist dieses indefs wenig oder gar nicht bedeutend, weil bei dem geringen Durchmesser des das Bild im Auge erzeugenden Lichtkegels die sämmtlichen hierzu gehörigen Lichtstrahlen nahe bei der Axe der Glä-

ser liegen, wo beide Fehler verschwinden. Indefs folgt hieraus so viel, dafs die vortheilhafteste Stellung des Auges zum Glase diejenige sey, wenn die verlängerten Axen beider zusammenfallen, die nachtheiligste dagegen, wenn das Object am weitesten von der Axe des Glases entfernt durch den Rand desselben gesehen wird. Mit Recht fordern daher die Augenärzte [1], dafs das Auge so genau wie möglich nur durch die Mitte des Glases sehen soll.

Um den genannten Fehlern zu begegnen, hat Galland v. Cherveux Gläser mit cylinderförmigen Oberflächen vorgeschlagen, welche aus zwei Segmenten eines Cylinders mit sich durchkreuzender Axe und Oberfläche bestehen sollen [2]. Sie werden meistens achteckig geschliffen, erreichen aber den angegebenen Zweck nicht, und geben, vorzüglich wenn die Cylinder von kurzen Radien sind, aufserhalb der Mitte auffallend verzerrte Bilder [3], weil es äufserst schwierig, vielleicht unmöglich ist, die beiden Flächen genau zu centriren [4]. Am zweckmäfsigsten, und den genannten Fehlern am wenigsten untworfen sind die durch Wolaston [5] angegebenen *periskopischen* Brillen, welche aus einem Meniscus für das weitsichtige Auge, und aus einem convexconcaven Glase für das kurzsichtige bestehen.

7. Brillen mit hornenen Blendungen und breiten Fassungen sind nicht blofs unnütz, sondern auch nachtheilig, indem das Auge ohnehin seine natürliche Blendung hat, und durch die künstliche Begrenzung des Gesichtsfeldes und den Schatten, welchen der undurchsichtige Körper auf dasselbe wirft, nachtheilig afficirt wird. Die grüne Farbe der Gläser verwirft

1 Weller Diätetik u. s. w. S. 198.

2 Annals of Phil. VII. 324. Kastner deutscher Gewerbsfreund. Halle 1818. S. 285. Edinburgh Encyclopaedia XV. 509.

3 Vergl. Ann. of Phil. VIII. 314.

4 Altmütter bei G. LVIII. 437. Solcher cylindrischer Brillen, nach zwei ungleichen Cylindern geschliffen, bediente sich G. B. Airy, um seine oben erwähnte seltene Abnormität des linken Auges zu compensiren s. Edinb. J. of Sc. XIV. 322, und in einem solchen Falle sind sie allein brauchbar. Dort sind auch die Radien angegeben, wonach solche Gläser für ein individuelles Auge geschliffen werden müssen, die sich aus den Brechungsgesetzen übrigens von selbst ergeben.

5 Phil. Mag. XVII. Nicholsons J. VII. 143. J. de Ph. LXXVIII. 305. u. a. a. O.

Adams [1] deswegen, weil sie den Gegenständen eine schmutzige Farbe geben, und sie nach Wegnahme der Brillen in röthlichem Lichte zeigen, woraus er eine schädliche Affection der Augen folgert. Letzteres ist unrichtig, indem die röthliche Tingirung der Objecte nach anhaltendem Sehen durch grüne Gläser bloſs subjective Farbe ist [2]. Das grüne Licht ist allerdings minder leuchtend, als das weiſse, und wird daher das Auge weniger afficiren, mithin werden grüne Gläser dem nahe kommen, wenn man bei wenigerem Lichte sieht. Wenn man aber berücksichtigt, daſs das grüne Glas der Brillen selten tief tingirt ist, folglich noch eine Menge weiſses Licht durchläſst, daſs der Eindruck der grünen Farbe vorzüglich auf ein geschwächtes Auge, wofür ein alterndes meistens zu halten ist, vortheilhaft wirkt, daſs endlich Kurzsichtige bei wenigem Lichte dennoch deutlich zu sehen pflegen, und Linsengläser überaupt schärfer begrenzte Bilder geben, so folgt, daſs nicht zu dunkel gefärbte Gläser vorzüglich bei reizbaren Augen eher vortheilhaft als nachtheilig sind, im Allgemeinen aber die hellsten und klarsten den Vorzug verdienen. Uebrigens bedienen sich diejenigen, deren Augen auf den weiten Schnee- und Eisfeldern der Polargegenden durch die groſse Intensität des Lichtes empfindlich afficirt werden, mit ausgezeichnetem Nutzen der grünen Brillen [3]. Manche Künstler verfertigen die Brillengläser aus Flintglas oder Bergkrystall, und lassen sich dieselben höher als die gewöhnlichen bezahlen; allein da bei diesen Substanzen die Farbenzerstreuung stärker ist, als bei dem hellen und klaren Spiegelglase, so folgt hieraus, daſs sie eigentlich schlechter sind. Gläser mit zerschabter oder nicht genügend polirter Oberfläche sind verwerflich, wie sich dieses wohl von selbst versteht.

8. Daſs weitsichtige oder kurzsichtige Augen die Fähigkeit, sich der Nähe oder Entfernung der Objecte gemäſs einzurichten, nicht besitzen sollten, folgt weder theoretisch noch aus der Erfahrung, vielmehr können sie dasselbe in gleichem Grade behalten haben, als die normalen Augen, jedoch mit der Einschränkung, daſs ohne irgend eine Anstrengung, also in mittle-

1 Seiner Meinung ist gleichfalls Weller Diätetik. S. 229.

2 S. *Farben, physiologische.* Oben S. 118.

3 Scoresby Account of the Arctic Regions. Edinb. 1822. II Vol. I. 379.

rem Zustande derselben, die Bilder der Gegenstände aus der Sehweite des normalen Auges bei kurzsichtigen vor die Netzhaut, bei weitsichtigen hinter dieselbe fallen. Wenn dann bloſs diese Abnormität durch das Brillenglas compensirt werden soll, so folgt, daſs es zweckmäſsig ist, bei einem solchen Zustande der Augen die Brillen stets zu tragen, wie Büsch mit Unrecht verwirft. Dabei ist es indeſs von groſser Wichtigkeit, vorzüglich für Kurzsichtige, welche ohnehin durch anhaltendes Zusammenbiegen der Augenaxen leicht doppelsichtig und schielend werden, beide Linsen, namentlich bei den Hand-Lorgnetten, in gehöriger Entfernung von einander zu halten, damit das gewohnte Zusammenbiegen der Augenaxen nicht befördert und das Doppeltsehen nicht noch mehr veranlaſst werde [1]. Diejenigen Augen endlich, welche durch anhaltendes Sehen, vorzüglich kleiner Gegenstände, in einer bestimmten Entfernung die Fähigkeit verloren haben, sich für die verschiedenen Entfernungen der Objecte einzurichten, bedürfen das Hülfmittel der concaven Gläser nur für entfernte Gegenstände [2].

Zur Erläuterung und Bestätigung der Kepler'schen Theorie vom Sehen überhaupt und vom Gebrauche der Brillen im Besondern dient das sogenannte *künstliche Auge* oder *Kunstauge*

1 Vieth bei G. LVIII. 249.

2 Ueber diesen Gegenstand handelt ausführlich: An Essay on Vision, explaining the Fabric of the Eye and the nature of Vision, by G. Adams. 2d. edit. Lond. 1792. 8. G. Adams Anweisung zur Erhaltung des Gesichts und zur Kenntniſs der Natur des Sehens. A. d. E. von F. Kries. Gotha 1794. 8. J. Bischoff praktische Abhandlung der Dioptrik, in welcher die Eigenschaften und der Gebrauch der sphärischen Gläser den Anfängern und Praktikern zur Erleichterung durch Zeichnung und Rechnung aus zweien Grundgläsern hergeleitet werden. 2te Aufl. Stuttg. 1800. 8. Anweisung für auswärtige Personen, wie dieselben aus dem optisch oculistischen Institute zu Leipzig Augengläser bekommen können u. s. w. Durch G. Tauber 3te. Aufl. Leipz. 1821. 8. Observations on the treatment of the epiphora. A new edition, to which are now added observations on the near and distant sight of different persons cet. by the late J. Ware. Editet by his son, Martin Ware. Lond. 1818. 8. Die Krankheiten des menschlichen Auges, ein Handbuch für angehende Aerzte u. s. w. von C. H. Weller Berl. 1822. 8. S. 369. ff. Die Oekonomie der Augen u. s. w. von Kitchiner. A. d. E. Weimar 1825. 8. handelt recht gut von den Brillen, ist übrigens mit vielen unbedeutenden, zum Theil unrichtigen Bemerkungen untermischt.

(*oculus artificialis*, oeil artificiel); wie solche schon früher vielfach [1], namentlich durch Huygens [2] angegeben und durch Wolf [3] ausgeführt sind. Weit vollkommener ist das von Adams [4] beschriebene, welches zugleich Form und Bestandtheile des Auges nachbilden soll. Dasselbe besteht daher aus einem feinen, hölzernen, kugelförmigen Körper auf einem Gestelle. An der vordern Seite befindet sich die Oeffnung eines natürlichen Auges durch gefärbtes Glas dargestellt, deren Mitte, die Pupille nachbildend, durchsichtig bleibt. Hinter dieser befindet sich eine mattgeschliffene Glasscheibe, auf welche die erzeugten Bilder, wie auf der Retina, sichtbar sind. Um diese hervorzubringen wird innerhalb der Kugel zwischen den Stern und die künstliche Retina eine von drei, zu diesem Apparate gehörigen, Linsen eingesetzt. Diejenige, deren Brennweite die mittlere ist, giebt dann ein deutliches Bild entfernter heller Gegenstände auf der Glasscheibe, welches durch ein vorgehaltenes Brillen- oder Lorgnetten-Glas undeutlich wird; die andere von der kürzesten Brennweite dagegen zeigt ein verworrenes Bild, welches durch ein vorgehaltenes convexes Linsenglas noch undeutlicher, durch eine concave Linse aber vollkommen deutlich wird; die dritte von der längsten Brennweite endlich erzeugt gleichfalls ein verworrenes, durch eine vorgehaltene convexe Linse aber deutlich werdendes Bild. Die erste zeigt also das normale, die zweite das kurzsichtige, die dritte dagegen das weitsichtige Auge. An diesem Apparate, welchem die Fähigkeit des natürlichen Auges mangelt, sich für ungleiche Entfernungen einzurichten, kann man noch auf eine andere Weise die Wirkung der Brillengläser zeigen. Giebt nämlich ein Object in mittlerer Entfernung ein deutliches Bild, so werden die sehr weiten und die sehr nahen undeutlich seyn, erstere aber durch ein wenig concaves, letztere durch ein convexes Glas deutlich erscheinen, wonach also in jenem Falle ein Auge dargestellt wird, welches die Gegenstände näher haben will, in diesem aber ein solches, welchem sie weiter weggerückt werden müſsten, um sie genau zu erkennen.

1 Haller El. Phys. V. 469.
2 Priestley Gesch. d. Opt. S. 143.
3 Nützliche Vers. III. 481.
4 Essay on Vision. cet.

Kries [1] hat diesen Apparat sehr zweckmäfsig vereinfacht. A ist eine hohle Kugel von leichtem Holze oder Papier-maché auf einem Gestelle. In e befindet sich eine biconvexe Linse, welche von entfernten erleuchteten Gegenständen ein Bild in ihrem Brennpuncte erzeugt, und auf der mattgeschliffenen Glasscheibe d sichtbar macht. Letztere befindet sich in einer beweglichen Röhre, und kann vermittelst derselben der Linse e mehr genähert oder von derselben entfernt werden. Wird das vordere Ende nach einem auf der Oberfläche des verschiebbaren Rohres befindlichen Zeichen so gestellt, dafs es sich in b befindet, so fällt der Brennpunct der Linse e für 12 bis 15 F. entfernte Gegenstände auf die Scheibe d, es wird daselbst ein vollkommen klares Bild erzeugt, und der Apparat stellt das normale Auge vor, welchem die Bilder durch ein Hohlglas f oder eine convexe Linse g verdunkelt werden. Stellt man das vordere Ende der Röhre dagegen in a, so fällt das deutliche Bild hinter die Scheibe d, und die Maschine stellt das weitsichtige Auge vor, welchem die Bilder durch das Brillenglas g deutlich gemacht werden; zieht man dieselbe dagegen bis c zurück, so fällt das Bild vor die Scheibe d, und wird, wie beim kurzsichtigen Auge, durch das Lorgnettenglas f deutlich. Dafs man endlich auch hiermit den Unterschied des Fernsehens und des Nahesehens anschaulich machen könne, versteht sich von selbst. Fig. 217.

Die Brillen konnten den Alten bei ihren Begriffen vom Sehen nur durch den Zufall bekannt seyn; allein auch dieses ist unwahrscheinlich, obgleich sie die vergröfsernde Kraft einer mit Wasser gefüllten Glaskugel kannten [2]. Eben so redet auch Alhazen [3] im zwölften Jahrhunderte blofs von der Vergröfserung der Gegenstände, wenn man sie an die Ebene des gröfseren Segmentes einer Glaskugel hält. Dagegen sucht Smith [4] zu beweisen, dafs Roger Baco, welcher 1292 starb, die Wirkung der concaven und convexen Gläser kannte, welches auch aus den angeführten Stellen desselben unverkennbar hervorgeht [5]. Ob sie

1 Uebers. d. a. Werks.

2 Seneca quaest. nat. I. 6.

3 Optica. VII. theor. 118.

4 Lehrbegr. d. Opt. S. 376. wo die Geschichte der Erfindung der Brillen ausführlich abgehandelt wird.

5 Vergl. Roger Bac. specula math. und Rog. Bac. Perspectiva. Marburg 1614. 4. Molyneux Diopt. p. 256.

indeſs durch ihn bekannt wurden, ist eine andere Frage, wofür sich bloſs Muthmaſsungen aus der Bekanntschaft seiner Schriften in Italien aufstellen lassen. Gewiſs dagegen ist, daſs sie im Anfange des 14ten Jahrh. in Italien bekannt waren, und man setzt daher ihre Erfindung meistens zwischen 1280 und 1310. In der Kirche Maria maggiore in Florenz nämlich befand sich ehemals die Grabschrift eines Florentinischen Edelmannes Salvino degli Armati, welcher 1317 gestorben war, und Erfinder der Brillen (Inventore degli occhiali) genannt wird [1], und Redi führt bei Spon [2] aus einer Chronik in der Bibliothek der Predigermönche von St. Catharina zu Pisa folgende Stelle an: Frater Alexander de spina ocularia ab obliquo primo facta, et communicare nolente ipse fecit et communicavit cordi hilari et volente. Dieser Mönch, welcher meistens der Erfinder der Brillen genannt wird, starb 1313. Indem nun auch das Wörterbuch der academia della Crusca beim Worte: occhiale erwähnt, daſs der Bruder Jordan de Rivalto, welcher 1311 zu Pisa starb, in einer 1305 gehaltenen Predigt gesagt habe, die sehr nützliche Erfindung der Brillen sey vor noch nicht zwanzig Jahren gemacht, so unterliegt es kaum einem Zweifel, daſs sie in Italien und zwar um die angegebene Zeit gemacht wurde [3].

Unter die *Gesichtsschwächen* gehört das sogenannte *Tagsehen, Nachtblindheit, Hühnerblindheit (Nyctalopia, visus diurnus.* Boerh.), wenn das Auge selbst bei mittlerer Tagshelle nicht sieht, sondern nur bei hellstem Sonnenlichte Gegenstände zu erkennen vermag [4]. Sauvages [5] erwähnt, daſs diese Krankheit einst in der Gegend von Montpellier epidemisch gewesen, und aus einer Abstumpfung der Gesichtswerkzeuge durch feuchte und nebliche Herbstluft entstanden sey. Einen ähnlichen Fall erzählt Nicolai [6], und Laserre [7] berichtet, der Fehler sey bei einem Mädchen so auffallend gewesen, daſs

1 Volkmann's Nachrichten von Ital. I. 542.

2 Recherches curieuses d'antiquité. diss. 10.

3 Vergl. Hutton Dict. Art. Spectacles.

4 Briggs erzählt einen merkwürdigen Fall von angeborner Nachtblindheit in Phil. Tr. 1684. XIV. 560.

5 Nosologia methodica Amst. 1768. 4. I. 732.

6 Abhandl. von den Fehlern des Gesichts. Berl. 1754. 8. S. 156.

7 Ephemerides Natur. Curios. Dec. II. An VI. Obs. 79.

dieses bei Nacht selbst ein helles Kerzenlicht nicht sehen konnte, bei Tage aber alle Gegenstände so gut erkannte, als ob sie das beste Gesicht hätte. Ist der Fehler angeboren, wie von LOWTHROP ein Beispiel angeführt wird [1], so ist er Folge von natürlicher Unempfindlichkeit der Retina. In den Tropengegenden, in China, Barbados, auf den Maldiven und Molucken, in Mosambique und Brasilien soll dieses Uebel sehr gemein seyn und in einigen Orten so häufig, dafs oft von zwanzig Menschen einer daran leidet, vorzüglich solche, die blaue oder graue Augen haben [2]. Der entgegengesetzte Fehler ist das sogenannte *Nachtsehen*, die *Tagblindheit* (*Hemeralopia*, *visus nocturnus*; vue de hibou, de chat etc.) wenn wegen übergrofser Reizbarkeit der Retina jeder Lichteindruck empfindlich ist, und daher die Gegenstände bei sehr wenigem Lichte erkannt werden können. In einem geringeren Grade ist dieser Fehler bei vielen Nervenübeln vorhanden, nimmt aber oft in einem solchen Grade zu, dafs jeder Lichtstrahl ausgeschlossen, und fast alles Licht abgehalten werden mufs; (*Lichtscheue; Photophobia*) Ein Beispiel dieser Art von einem Tonkünstler, dem eine springende Saite das Auge verletzte, erwähnt THÜMMIG [3], und ein anderes BOERHAVE [4] von einem Engländer, bei welchem der Fehler durch langen Aufenthalt im Gefängnisse entstand.

Verschiedene Thiere, namentlich die Fledermäuse, Eulen und mehrere Nachtraubthiere haben die Fähigkeit, bei wenigem Lichte zu sehen, und eine vorzüglich grofse Empfindlichkeit der Augen gegen das Licht [5]. Unter den Menschen ist dieses gleichfalls, und wohl nicht selten, der Fall, und in der Regel mit

1 Phil. Trans. abridged. I. 38. SAUVAGES a. a. O. 734.

2 Edinb. Medico. Chir. Trans. IX. Die weitere Literatur ist bei HALLER El. phys. V. 490.

3 Versuch einer gründlichen Erläuterung d. merkwürdigsten Begebenheiten in d. Natur. Halle. 8. S. 254.

4 De morbis oculorum. cet. Gott. 1750. 8.

5 Einige Raubthiere haben von Natur das Vermögen, bei wenigem Lichte zu sehen, und man glaubt, dafs dieses durch den silberartig glänzenden, weifslichen Fleck auf der Aderhaut, das sogenannte *tapetum choroideae* bewirkt werde. Aus der Reflection des Lichtes von diesem Flecke wird dann auch nach den neuesten Untersuchungen von PREVOST in Bibl. Brit. XLV. 197 und ESSER in Kastner's Arch. VIII. 394 das Leuchten solcher Augen im Dunkeln erklärlich. Man

ausgezeichneter Weiſse der Haut und weiſser oder rother Farbe der Haare verbunden. Nach MAUPERTUIS [1] soll dieser Fehler bei den Bewohnern der Landenge Darien so gemein seyn, daſs die meisten Arbeiten bei Nacht verrichtet werden. Unter den Negern findet man die sogenannten weiſsen Mohren, Blaffards oder Albinos (*Leucaethiopes*), welche in ganzen Geschlechtern in Guinea, Java und Panama sich fortpflanzen, und sich durch eine weiſse Haut, hellblaue, ins Röthliche fallende, Augen auszeichnen. Dahin gehören gleichfalls die in gebirgigen Gegenden Europa's, namentlich in der Schweiz, häufigern Kakerlaken oder Cretinen, wie sie von DE SAUSSÜRE [2], BUZZI [3], RAZUMOWSKI [4] und BLUMENBACH [5] beschrieben werden. Letzterer leitet die mit Röthe des Sterns und der inneren Theile verbundene Empfindlichkeit der Augen vom Mangel des *pigmentum nigrum* her, indem zwischen der Bildung desselben, des Malpighischen Netzes und der Haare ein gewisser Zusammenhang stattfindet, wie BUZZI durch anatomische Untersuchungen bestätigt fand. Schon SIMON PORTIUS [6] fand übrigens, daſs blaue Augen weniger von diesem Pigmente haben, als schwarze. Endlich bringt auch bei übrigens gesunden Personen Erhitzung durch Wein und Augenentzündung diesen Fehler hervor [7], und bei einigen soll auch ohne eine nächste Veranlassung eine solche Reizbarkeit stattgefunden haben [8].

Diesem Uebel ist eine vorübergehende Augenentzündung zu vergleichen, welche in den Polargegenden, namentlich in Nordamerica, durch das helle, vom blendenden Schnee zurückgeworfene, Licht, vielleicht auch durch die trockne, kalte und

hielt dieses ehemals für ein Phosphoresciren, allein hiergegen streitet, daſs es in völliger Finsterniſs gar nicht wahrgenommen wird. Vergl. Edinb. New Phil. Journ. Nro. IV. p. 297.

1 Oeuvres. Lion 1768. 8. II. 100. ff.

2 Reisen durch d. Alpen. Leipz. 1788. IV. 249.

3 Opuscoli scelti di Milano. 1784. VII. 11.

4 v. Crell chem. Ann. 1787. St. 1. S. 149.

5 De oculis Leucaethiopum, in Comm. Gott. VII. 25. ad annum 1784.

6 De coloribus oculorum. Florent. 1550. 4. p. 34.

7 la Hire Accidens de la Vue. Par. 1694. p. 588.

8 HALLER El. Phys. V. 493.

scharfe Luft erzeugt, und *Schneeblindheit* genannt wird. Die sehr schmerzhafte Empfindung gleicht vollkommen der, als wenn feiner Sand in die Augen gekommen wäre, und wird von den Americanern durch warme Wasserdämpfe geheilt, Parry aber fand ein kühlendes Augenwasser aus Bleizucker im Wasser gelöset besser, wodurch das Uebel bei Entfernung des Lichtreizes in wenigen Tagen geheilt wurde [1].

Unter die Annomalien des Gesichts, meistens aber mit Schwäche der Augen verbunden, gehört das *Schielen* (*Strabismus*, *Luscitas relativa*; Strabisme), welches darin besteht, daſs die Schielenden (*Strabones*; strabites, Louches d'un oeil) ihre Augen unwillkürlich bewegen, indem sie die Richtungen der Augenaxen nicht in ihrer Gewalt haben. Der Fehler findet in sehr ungleichen Graden statt, aus deren Sonderung und Betrachtung im Einzelnen die Ursache desselben leicht deutlich wird. Am gemeinsten ist, daſs die Axe nur des einen Augapfels seitwärts, und zwar meistens nach der Nase zu, bewegt wird, in einigen Fällen so, daſs das Auge diese schiefe Richtung stets beibehält, in andern so, daſs sie beim Ansehen eines Gegenstandes geringer anfängt und allmälig zunimmt. Seltener ist der Fehler so, daſs beide Augenaxen schief gerichtet sind, aber auch in diesem Falle ist es häufiger, daſs beide convergiren, als daſs sie divergiren, und daſs die Convergenz bei längerem Sehen wächst.

Hieraus, verbunden mit der allgemein bekannten Thatsache, daſs wohl jeder Mensch mit gesunden Augen künstlich schielen kann, geht die allgemeine Ursache dieses Fehlers, nämlich eine

1 Parry zweite Entdeckungs-Reise. d. Uebers. S. 289. Vergl. über dieses Uebel Blumenbach in Edinb. Phil. Journ. 1823. N. XVII. p. 259. Die Esquimaux bedienen sich dagegen hölzerner Brillen aus dünnen Brettchen mit schmalen Ritzen, durch welche sie zugleich sehr weit sehen; die Tartaren dagegen auf ihren Winterjagden gebrauchen ein feines Gewebe aus schwarzen Pferdehaaren, demjenigen ähnlich, welches Xenophon und die Griechen auf ihrem Rückzuge aus Persien angewandt zu haben scheinen. Xenoph. Anab. IV. c. 5. Der Brillen mit einem kleinen Löchelchen, aus Metall verfertigt (*metallic spectacles*). bediente sich auch Skinner gegen den Einfluſs des zu grellen Lichtes auf Malta. S.G. LIV. 306; aus Tilloch's Phil. Mag. 1815. So viel ich weiſs sind sie indeſs nicht weiter in Gebrauch gekommen.

unwillkürliche Thätigkeit der Augenmuskeln, evident hervor. Diese ist wieder Folge entweder angeborner Schwäche und regelwidriger Affection derselben, oder einer Angewöhnung, welche sehr leicht dadurch entsteht, dafs man ohne Schwierigkeit nur mit einem Auge sieht, und hierzu um so geneigter ist, je mehr beide Augen an Güte und Weite des deutlichen Sehens unterschieden sind. De la Hire [1] glaubt, die Ursache des Schielens sey ein unrichtiger Bau des Auges, indem der empfindliche Theil der Retina nicht in der Richtung der Augenaxe, sondern seitwärts liege. In diesem Falle würde aber die Abweichung der Augenaxe eine constante Gröfse und der Fehler stets unheilbar seyn. Ist derselbe aber durch Gewohnheit entstanden, so läfst er sich leicht heilen, und verliert sich oft von selbst bei zunehmenden Jahren. Als Hülfsmittel hierzu sind weniger die Augenbedeckungen mit kleinen Oeffnungen zu empfehlen, weil für ungleich entfernte Gegenstände die verlängerten Augenaxen nicht stets in die kleinen Oeffnungen treffen können, als vielmehr das von Jurin [2] empfohlene Mittel, nämlich das gesunde Auge zu verschliefsen, und die Gegenstände blofs mit dem kranken zu betrachten, dann das gesunde wieder zu öffnen, und beide in ihrer Richtung zu erhalten, welches bei Kindern durch einen Gehülfen, von Erwachsenen vor einen Spiegel bewerkstelligt werden kann. Büffon [3] macht vorzüglich auf die allerdings gegründete, durch Reid [4] nach vielen Erfahrungen bestätigte, ungleiche Stärke beider Augen als Ursache des Schielens aufmerksam, und räth daher, das schwache zu stärken, und das starke deswegen auf längere Zeit zu bedecken, welches Letztere Augenärzte schwerlich billigen werden. Darwin [5] fand das Nämliche, und beobachtete unter andern einen Knaben, welcher alle rechts liegenden Gegenstände mit dem linken Auge sah, und umgekehrt, und dessen Heilung durch ein auf der Nase angebrachtes, diese Gewöhnung hinderndes Blech bewirkt wurde. Reid [6] fand bei zwanzig von ihm untersuchten Schielenden das

1 Mém. de Par. 1694.

2 Smith's Opt. p. 395.

3 Mém. de Par. 1743. 229.

4 Inquiry into the human mind. p. 253.

5 Phil. Trans. LXVIII.

6 a. a. O.

eine Auge bedeutend schwächer, und vier unter ihnen sahen gar nicht damit, obgleich der Bau desselben normal war. Auf keine Weise läſst sich daher der Fehler von einer unrichtigen Lage der Linse ableiten [1].

Unter die seltenen Gesichtsfehler gehört das *Schiefsehen* (*Luscitas* Boerhav. *Visus obliquus*), wenn das Auge nur auſserhalb seiner Axe befindliche Gegenstände sieht, und sich seitwärts drehen muſs, um ein Bild von denselben zu erhalten. Die Ursache ist Unempfindlichkeit der Retina in der Axe des Auges, oder eine schiefe Lage der Pupille oder der Krystalllinse, oder endlich eine Verdunkelung des vordern Theils der Hornhaut. Man kann hierher auch die aus Verletzungen oder krankhaften Affectionen entstehenden partiellen Gesichtsfehler rechnen, namentlich das *Halbsehen* (*Hemiopia*) wovon Vater [2] drei Beispiele anführt. Larrey beobachtete, daſs das rechte Auge eines Gardisten Lecoeur durch einen Stich mit einem knopflosen Rappiere, welches zwischen dem rechten Augapfel und der innern Wand der Augenhöhle eingedrungen war, das Sehvermögen in der Art verlor, daſs es alle jenseits einer durch seine Axe gehenden verticalen Ebene rechts befindliche Gegenstände nicht erkannte, sondern statt dessen nur einen schwarzen Fleck wahrnahm. Auch Dr. Crawford [3] erzählt ein Beispiel von Hemiopie, welches er bei einer Frau beobachtete. Diese sah von allen verticalen Gegenständen bloſs die rechte Seite, z. B. von vier lothrecht gehaltenen Fingern sah sie zwei deutlich, den dritten undeutlich, den vierten gar nicht. Von zwei Fingern sah sie nur einen. Wurden die vorgehaltenen Finger bei unveränderter Richtung der Augenaxen rechts bewegt, so wurden sie sämmtlich nach einander sichtbar, verschwanden dagegen bei einer Bewegung nach der linken Seite. Eine gleiche partielle Lähmung erlitt Mme. de Pompadour einst nach einer bloſsen Erkältung [4]. Dr. Merat in Paris kannte dagegen einen

1 Jen. Lit. Zeit. 1792. N. 226.

2 Oculi vitia duo rariss. Visus duplicatus et dimidiatus. Viteb. 1723. 4. in Halleri diss. med. pract. vol. I. Phil. Trans. XXXIII. 147.

3 London Med. and Phil. Journal. Daraus in Ann. of. Phil. N. ser. Nro. LXX.

4 Demours Précis théorique et pratique sur les maladies des Yeux. 1821. p. 454.

einen alten Mann, welcher die Gegenstände unter einer horizontalen Ebene durch seine Augenaxe nicht sah. Einen ähnlichen Fall beobachtete Rudolphi [1] an einem Manne, bei welchem die untere Hälfte der Retina gelähmt war, und welcher daher den oberen Theil eines vor ihm stehenden Schrankes nicht sah. Richter [2] erzählt gleichfalls eine von ihm gemachte interessante Beobachtung dieser Art. Mehrere Fälle des Halbsehens als Folge bloſser Nervenaffection, selbst wiederkehrend bei den nämlichen Personen, erwähnt Wollaston [3]; indeſs genügen die mitgetheilten Beispiele für die Theorie des Sehens vollständig.

Eine Art des *undeutlichen* oder *unvollkommenen* Sehens erwähnt Fischer [4], und behauptet, daſs dieser Fehler nicht eben selten in einem geringen Grade vorhanden sey, obgleich er nicht leicht bemerkt wird. Verschiedene Personen sollen nämlich nahe parallele lothrechte oder horizontale Striche mit einem Auge weniger deutlich wahrnehmen, als mit dem andern, zuweilen auch gar nicht zu unterscheiden vermögen, oder mindestens die lothrechten nicht in gleicher Entfernung als die horizontalen. Die Ursache hiervon liegt aus leicht begreiflichen Gründen in einer Abweichung des Auges oder der Cornea von der Kugelgestalt, oder vielmehr in einer Ungleichheit der horizontalen und lothrechten Durchmesser des Auges, wodurch noch auſserdem eine allgemeine Undeutlichkeit des Sehens erzeugt werden muſs. Nach der Darstellung Fischer's gehört zwar dieser Fehler unter die des Gesichts im Allgemeinen, es scheint mir aber mehr, daſs er sich demjenigen anschlieſst, welcher von Airy an seinen eigenen Augen beobachtet, und oben bei der Betrachtung der Kurzsichtigkeit erwähnt ist. Diesemnach könnte er nicht bloſs durch einen abnormen Bau der Cornea, sondern auch durch die dort angegebenen Ursachen veranlaſst werden.

Eine der räthselhaftesten krankhaften Affectionen der Augen ist diejenige, welche John Gillies [5] von seinen eigenen berichtet. Es begegnete ihm nämlich in regellosen Zwischenräumen, daſs die Gegenstände ihm allmälig weiter wegzurücken und kleiner zu werden schienen, nach zwei bis acht oder zehn Minu-

1 Physiol. II. 227.
2 Anfangsgr. d. Wundarzneyk. III. 478.
3 Ann. of. Phil. 1824. Apr. 305.
4 Berlin. Denksch. 1818 u. 19. S. 46.
5 Edinb. Phil. Journ. III. 57.

ten aber ihren vorigen Abstand und ihre gewöhnliche Gröfse wieder annahmen. Diese Anfälle stellten sich anfangs seltener ein, dann häufiger, und eben so nahm das Uebel auch wieder ab, kam aber nie, wenn die Augen angestrengt, z. B. mit Lesen beschäftigt waren. An Deutlichkeit verloren die gesehenen Gegenstände auf keine Weise, auch zeigten Linsengläser keine Wirkung. Gillies selbst vermochte sich das Phänomen nicht zu erklären, und konnte auch von seinen ärztlichen Freunden keine Auskunft darüber erhalten. Wahrscheinlich läfst sich das Phänomen aus einer gesteigerten Empfindlichkeit des Sehnerven erklären, und ist das Gegentheil der bekannten Augentäuschung, dafs durch Nebel verdunkelte Gegenstände näher und gröfser erscheinen.

Zur letzten Classe der Gesichtsfehler gehört, der oben gegebenen Eintheilung gemäfs, das *falsche Sehen* (*Pseudoblepsis*), wenn entweder Gegenstände gesehen werden, welche gar nicht existiren (*Ps. imaginaria*)[1], oder wenn wirkliche Gegenstände anders gesehen werden als sie sind (*Ps. mutans*). Unter das erstere gehört die *Myodesopsie* oder das Sehen kleiner schwarzer Puncte, Fäden oder Netze, (*muscae volantes*; mouches volantes) welche in die Höhe zu steigen scheinen, wenn man das Auge schnell erhebt, und herabzusinken, wenn dasselbe ruhet. Vorzüglich deutlich erscheinen sie, wenn das Auge gegen einen hellen Gegenstand, den Himmel, Nebel oder Schnee gerichtet ist, und werden in geringerer oder gröfserer Menge, mehr oder minder dunkel gefärbt gesehen. Dieser Fehler befällt die Augen für kürzere Zeit, wenn man anhaltend blanke oder hell erleuchtete Gegenstände betrachtet, oder bei hellem Lichte lange in ein Mikroskop gesehen hat, zuweilen dauert derselbe aber aus unbekannten Ursachen länger [2].

1 Die bekannte Erscheinung, dafs Personen sich selbst sehen, wenn unter gehörigen Bedingungen Nebel oder Dünste in der Luft ein Bild reflectiren, gehört nicht hierher; noch weniger aber die Vorstellungen kranker Phantasieen, wenn Personen Menschen oder Gegenstände sehr deutlich zu sehen glauben. Es ist dieses zuweilen blofse Folge vorübergehender Krankheiten, nicht selten aber auch leider einer beginnenden Geisteszerrüttung.

2 Haller Meth. stud. med. p. 463. St. Yves Traité des maledies de

Früher erklärten die Aerzte mit WILLIS [1] diese Erscheinung aus der Unempfindlichkeit gewisser Stellen der Retina, durch ausgetretenes Blut oder Verflechtung der Gefäfse, womit andere aber die Bewegung der gesehenen Puncte nicht in Uebereinstimmung bringen konnten. WALDSCHMIDT [2], DE LA HIRE und LE ROI [3] suchen die Ursache in der wässerigen Feuchtigkeit, und MORGAGNI [4] leitet sie von Puncten und Streifen der eingetrockneten Thränenfeuchtigkeit auf der Hornhaut ab. MAITRE-JAN [5] wollte beobachtet haben, dafs die Erscheinung dem grauen Staare vorangehe, und daher von einem Fehler in den äufsern Häuten der Krystalllinse herrühre. PURKINJE [6] dagegen meint, die Bilder würden durch Blutkügelchen erzeugt, welche mikroskopisch klein in der wässerigen Feuchtigkeit schwämmen, allein DEMOURS [7] öffnete die Hornhaut einiger mit diesem Fehler behafteten Augen, und liefs die wässerige Feuchtigkeit auslaufen, ohne dafs das Uebel dadurch geheilt wurde. Hiernach war er geneigt, die Ursache in der Morgagni'schen Flüssigkeit zu suchen, glaubte aber zugleich, die unbeweglichen Flecken seyen Vorboten des schwarzen Staares, wie die beweglichen des grauen. Neuere Beobachtungen [8] haben indefs ergeben, dafs auch übrigens gesunde Augen periodisch diesem Fehler unterliegen, und dafs die Ursache in allgemeiner Nervenaffection [9], Unthätigkeit oder Entzündung einzelner Theile der Retina, vielleicht in einem Drucke des Pigmentum nigrum oder der choroidea gegen die Retina liegt. Erscheinen die Gegenstände neben den schwarzen

yeux. Par. 1723. J. TAYLOR Tractat von Augenkrankheiten. Frankf. u. Leipz. 1761. VOGLER praes. Beireis diss. de maculis ante oculos volitantibus Helmstädt. 1795 HELLWAG in Hufeland's Journ. 1821. Jun. u. a. a. O.

1 Anat. cerebri. cap. 21.

2 Opera med. practica. Franc. 1695.

3 Mém. de Par. 1760 Smith's Opt. p. 366.

4 Adversar anat. VI. Animadv. 75.

5 Traiꝫé de maladies de l'oeil. 12mo p. 281.

6 Beiträge u. s. w. S. 130.

7 Traité des Maladies des yeux. Par. 1818. III. 396. Dict. des Sciens. med. XXXVI. 475.

8 WARE in Medico chirurg. transact. 1814. V. WARDROP Essay's on the morbidanatomy of the huma eye. Lond. 1818. Vol. II.

9 WELLER Diätetik u. s. w. S. 115. BEER Lehrbuch der Augenkrankheiten. II. 424. v. WALTHER in Journ. d. Chirurgie. Bd. III.

Flecken nicht trübe, und ist die Pupille beweglich, so ist im ersteren Falle kein anfangender grauer Staar und im letzteren kein schwarzer zu fürchten, vielmehr wird der Fehler durch Stärkung des ganzen Körpers und des Nervensystems bald wieder geheilt. Ganz neuerdings unterscheidet indefs ANDREAE [1] in einer ausführlichen Abhandlung über diesen Gegenstand mehrere Arten solcher Flecken. und hält einige derselben für Schatten durch undurchsichtige Körperchen in der Glasfeuchtigkeit erzeugt, welches aber aus optischen Gründen unzulässig ist [2], andere leitet er gleichfalls aus einem krankhaften Zustande der Nerven ab.

Eine andere, etwas ähnliche und sehr gemeine Erscheinung, welche nicht unter die genannten Gesichtsfehler, und überhaupt nicht zu dieser Classe gehört, vielmehr allen gesunden Augen leicht eigen ist, verdient hier eine kurze Erwähnung. Wenn man nämlich das Auge, vorzüglich früh Morgens oder des Abends gegen den hellen Himmel, ein Fenster oder die Lichtflamme richtet, so scheinen feine, fast transparente Kügelchen, auch kleine gebogene und verschlungene Streifen sich vor dem Auge zu bewegen. Die Ursache hiervon liegt in nichts anderem, als in der Feuchtigkeit der Augen, wovon einzelne Theile sich auf der Hornhaut nach verschiedenen Richtungen ziehen, wefswegen etwas gereizte, daher die Thränenfeuchtigkeit stark absondernde Augen am geneigtesten dazu sind.

Ein eben so gemeiner, als interessanter, und für die Farbentheorie nicht unwichtiger, bisher nicht genugsam beachteter Gesichtsfehler [3] ist das *Unvermögen, gewisse Farben zu erkennen* und zu unterscheiden, und wo Fälle dieser Art bekannt geworden sind, da hat man die Prüfung nicht vollkommen zweckmäfsig

1 Journ. d. Chirurgie. Bd. VIII. 16 ff.

2 Weil jeder einzelne Theil eines Objectivglases das ganze Bild des vor ihm befindlichen Gegenstandes giebt, so können einzelne dunkele Puncte in demselben keine dunkeln Flecken im Bilde geben. Man kann sogar einige Finger auf die Fläche eines grofsen Objectivglases legen, ohne diese oder dunkele Stellen wahrzunehmen. Es folgt dieses aus den Wirkungen der Linsengläser und widerlegt alle Hypothesen, nach welchen solche dunkele Stellen in den gesehenen Bildern aus undurchsichtigen Körperchen in dem übrigens klaren Auge abgeleitet werden.

3 Durch Erkundigungen bei Bekannten erfährt man leicht Beispiele von dem, beim Zeichnen zufällig entdeckten Mangel des Vermögens, gewisse Farben zu unterscheiden.

mit hinlänglich kenntlichen einfachen Farben angestellt [1]. Die drei Brüder HARRIS in Cumberland unterschieden sehr gut Gröfse, Gestalt und Entfernung der Objecte, aber nicht ihre Farbe. Einer derselben wuſste zwar Schwarz von Weiſs, auch gestreifte Bänder von einfarbigen zu unterscheiden, konnte aber die Farben selbst bloſs durch Rathen bestimmen. Insbesondere vermochte er die rothe Farbe überhaupt, und insbesondere nicht von Grün zu unterscheiden, indem er namentlich die rothen Kirschen für Blätter hielt, wenn er ihre runde Gestalt nicht erkannte. Eben dieses war der Fall mit einem gewissen COLLARDO, welchem namentlich blaue und gelbe, rothe und grüne Farben identisch zu seyn schienen [2]. Einen sehr interessanten Fall berichtet WHISSON [3]. Ein Mann, dessen Augen übrigens gesund waren, auch Gröſse und Gestalt aller Körper in der Nähe und Ferne genau unterschieden, kannte gar kein Grün; Roth (*pink*) und Blaſsblau waren ihm eins, deſsgleichen Hochroth und Blau; Gelb und Blau erkannte er in allen Abstufungen, volles Purpur und tiefes Blau schwerer. Ein blaſsrothes (*claret-coloured*) Kleid hielt er für völlig schwarz. Aehnliche Beobachtungen und eine Theorie zur Erklärung dieser Phänomene hat GIROS V. GENTILLY bekannt gemacht [4]. Unter mehreren führt er einen Apotheker M. in Straſsburg an, welcher die Farben nur mit Mühe unterschied, wenn er sie neben einander hielt, und zugleich Grün für Roth ansah. Zur Erklärung wird angenommen, daſs es nur drei Farben, und für jede eine besondere Membrane der Retina gebe, deren eine oder mehrere in einzelnen Fällen unthätig seyn, und die Verwechselung veranlassen könnten.

Ein gewisser SCOTT hielt Roth und Grün für gleich, während er Gelb und Dunkelblau sehr leicht unterschied. Sein Vater, sein mütterlicher Onkel, eine von seinen Schwestern und ihre beiden Söhne hatten den nämlichen Fehler. Der berühmte Chemiker DALTON kann Blaſsroth (*pink*) von Blau am Tages-

1 Phil. Trans. LXVII. I. n. 14.

2 J. de Ph. XII. 86.

3 Phil. Tr. LXVIII. II. p. 611. J. d. Ph. a. a. O.

4 In einer unter dem angenommenen Namen G. PALMER englisch geschriebenen, ins Französ. übers. Schrift: Theorie der Farben u. d. Gesichts. S. Lichtenberg Mag. I. 2. 57.

lichte nicht unterscheiden, im Regenbogen bemerkt er das Roth gar nicht, und das Ganze scheint ihm nur aus zwei Farben, Gelb und Blau zu bestehen. Harvey [1] berichtete der Societät in Edinbourgh von einem Falle, dafs ein 60 Jahre alter Mann blofs Weifs, Gelb und Grau unterscheiden konnte, Blau aber nur, wenn es hell war. Ein anderer noch junger Mann sah im Spectrum blofs Blau und Gelb, welches letztere er nicht von Orange unterschied. Wurden alle Farben des Spectrums durch ein röthliches Glas aufgefangen, aufser Roth und Dunkelgrün, so sah er blofs eine Farbe, die er gelb oder orange nannte; wurde aber die Mitte des rothen Strahles durch ein blaues Glas aufgefangen, so sah er einen schwarzen Streifen mit dem von ihm sogenannten Gelb auf beiden Seiten [2].

Detaillirte Beschreibungen solcher Fehler liefern unter andern John Butters, Physicus zu Plymouth [3]; R. Tucker, Sohn des Dr. Tucker zu Ashburton, 19 J. alt, konnte die Farben nicht unterscheiden, wie man zuerst bemerkte, als er statt orangefarbener Seide grüne nahm. Bei angestellter Probe ergab sich:

1. Roth verwechselte er mit Braun.

2. Orange mit Grün.

3. Gelb kannte er, verwechselte es aber zuweilen mit Orange.

4. Blau verwechselte er mit Blafsroth (*pink*).

5. Indigo und Violet mit Purpur. Weifs und Schwarz verwechselte er selten, unterschied aber überhaupt nur drei Farbenclassen, welche umfafsten: 1. Roth und Braun; 2. Blau, Blafsroth, Indig, Violett und Purpur; 3. Grün und Orangefarben. Die Schattirungen des Grün konnte er unterscheiden, aber alle nicht von Orange. Die Farben des Mondes und des Regenbogens schienen ihm gleich, jedoch fand er in beiden nur zwei Farben, welche er Gelb und Blau nannte. Schwarze, weifse und gelbe Körper unterschied er mit Sicherheit, die Schattirungen von Weifs aber nicht. Entengrün (*duck green*) war ihm roth, saftgrün, orange. Uebrigens war sein Auge gesund, sah

1 Edinb. Phil. Trans. X. 253.

2 Edinb. Journ. of Science. VII. 85.

3 Edinb. Phil. Journ. XI. p. 135. Daraus Archiv für Physiol. von Meckel. cet. V. 260.

scharf, und unterschied die Formen der Körper in der Nähe und Ferne.

Einen ähnlichen Fall erzählt W. Nicholl [1]. Ein gesunder Knabe von eilf Jahren mit grauen Augen und einem gelben Ringe um die Pupille, erkennt keine Farbe aufser Grau, Dunkelgrün und Braun, und verwechselt jenes mit gewissen Arten von Braun. Hellgrün nennt er hellroth, gemeines Grün roth, Hellroth und Zinnoberfarbe hellblau. Durch ein Prisma kann er nur drei Farben, Roth, Gelb und Purpur unterscheiden. Grüne Brillen, durch welche er sah, nannte er roth, und sagte, *alle* Gegenstände durch dieselben betrachtet, hätten einen *röthlichen* Schein. Der Knabe hat vier Schwestern, welche vollkommen gut sehen, sein Grofsvater mütterlicher Seite hatte denselben Fehler, die Mutter und deren Schwestern nicht.

Ebenderselbe [2] beobachtete einen Mann von 49 Jahren, dessen Augen dieselbe Farbe als die des Knaben hatten, mit einer etwas kleinen Pupille. Dieser konnte Grün von Roth so gut als gar nicht unterscheiden. Scharlachroth erkannte er unvollkommen, Dunkelgrün dagegen nannte er braun. Alle Abstufungen von Hellroth bis Purpur nannte er hellblau; Gras in vollem Grün erschien ihm roth. Uebrigens sah er scharf und deutlich in die Ferne und bei wenigem Lichte.

Brandis [3] erzählt von sich selbst, dafs er Hellblau und Rosenroth nicht unterscheiden könne, Grün und Blau, Gelb und Roth zwar leicht verwechsle, dagegen Rothgelb und Grün in dunkeln Tinten, Blau und Roth in hellen gewöhnlich. Sein Neffe aber habe eine Seidenhandlung verlassen müssen, weil er Himmelblau und Rosenroth nicht zu unterscheiden vermochte [4].

Am vollständigsten und aus vielen Beobachtungen sind die den erwähnten Fehler betreffenden Resultate zusammengestellt von Wardrop [5]. Werden mehrere verschieden gefärbte Gegenstände zugleich vorgelegt, so nimmt der mit diesem Fehler

1 Medico-chir. Trans. VII. 477. Deutsches Archiv. a. a. O.

2 Med. chir. Trans. IX. 359. Deut. Archiv. V. 264.

3 v. Goethe zur Naturw. u. Morphologie. 1 Hft. 4. S. 297.

4 Noch mehrere Fälle S. Meckel Archiv für Phys. I. 188. Annals of Phil. 1822. Febr. p. 128.

5 Essays on the morbid anatomy of the human eye. Lond. 1818. II. 196. Deutsch. Arch. V. 262.

Behaftete, wohl eine Verschiedenheit zwischen den Farben wahr, kann jedoch nicht angeben, worin diese besteht, noch auch die einzelnen Farben, für sich gezeigt, unterscheiden. Gelb und Blau erzeugt allerdings eine deutliche Vorstellung, und hierüber findet nie ein Irrthum statt, sie mögen einzeln oder unter andern vorgelegt werden, aber alle andere Farben erscheinen als Abänderungen dieser beiden. So sieht der mit diesem Fehler Behaftete im Spectrum bloſs Gelb und Blau. Die verschiedenen Arten von Grün unterscheidet er besonders schwer, und so auch Roth, indem Zinnober und die verwandten Farben für Gelb, Carmin und die ähnlichen für Blau gehalten werden, jedoch bei Kerzenlichte gleichfalls für Gelb. Der Fehler ist nicht bei allen Individuen gleich stark, zuweilen erblich.

Fragt man nach der Ursache dieser Abnormität, so finde ich sie nirgend befriedigend angegeben. Th. Young erklärt dieselbe aus dem Mangel der für gewisse Farben gehörigen Fibern, Brewster aus einer Unempfindlichkeit derselben; Dalton glaubt, die rothen Strahlen würden durch die gläserne Feuchtigkeit verschluckt, welche er für blau gefärbt hält, Wardrop dagegen will die Ursache in einer groſsen Reizbarkeit der Retina für die gelben und blauen Lichtstrahlen finden, was aber alles nicht genügt, so lange die Anwesenheit solcher für einzelne Farbeneindrücke bestimmter Fibern und ihr Unterschied von den einzelnen Theilen und den übrigen Zweigen des optischen Nervens, welche die Retina im Allgemeinen bilden, nicht nachgewiesen ist [1]. Nicholl nimmt eine Unfähigkeit der Retina, gewisse Farben zu sehen, an, indem diese für jedes einzelne prismatische Licht eine besondere Fähigkeit des Sehens haben soll [2], eine Erklärung, welche eigentlich nichts sagt, wenn sie nicht mit der von Th. Young gegebenen zusammenfällt. Brewster [3] scheint später der Meinung zu seyn, daſs das Sehen eigentlich durch die Choroiden möglich werde, wie er zu beweisen verspricht, ohne daſs ich Letzteres nachher als wirklich geschehen finden kann. Hiernach soll dann die bläulich gefärbte Retina eine hervorstechende blaue Tingirung der Bil-

1 Wardrop. a. a. O.

2 Ann. of Phil. N. S. III. 128.

3 Edinb. Journ. of Science. VII. 86.

der bewirken, eine Hypothese, welche mir vor der Hand sehr kühn und wenig begründet scheint.

Dagegen möchte ich die Erklärung in einer Hypothese suchen, welche eben aus diesen und andern Erscheinungen ihre Begründung erhalten kann. Giebt es nämlich, jedoch bloſs in Beziehung auf die Thätigkeit des Sehnerven, nur zwei Farben mit ihren Gegensätzen, u. z. Blau mit dem ihm entgegenstehenden Gelb, und Roth mit dem entgegengesetzten Grün, jenes durch seine chemische Action und dieses durch seine erwärmende Kraft ausgezeichnet, worauf der Gegensatz zwischen Grün und Roth, Gelb und Blau bei den physiologischen Farben gleichfalls führt, und lassen sich alle andere Farben auf Verbindungen und Abstufungen dieser vier, einander rücksichtlich ihres physiologischen Einflusses auf das Auge entgegengesetzten zurückführen, so dürfen wir nur annehmen, die Nerven seyen gegen die erwärmende Kraft des Lichtes mehr oder weniger empfindlich, um zu begreifen, daſs in allen vorkommenden Fällen bloſs Gelb, als das meiste Licht gebend, völlig und genau erkannt wird, während alle andere Farben bloſs als Gegensatz hiergegen erscheinen; weſswegen denn Grün und Roth nicht unterschieden, vielmehr mit Blau und Gelb verwechselt werden. Es geht dann nicht bloſs aus den hier mitgetheilten Beispielen von dem Unvermögen so vieler Personen, Roth und Grün zu erkennen, sondern auch aus einer Menge anderweitiger Erfahrungen hervor, daſs das Auge gegen diese beiden Farben am wenigsten empfindlich ist. So erzählt J. Brewster [1], daſs aus dem Spectrum, welches ein durch ein Prisma betrachtetes Kerzenlicht giebt, bei anhaltender Beobachtung desselben die übrigen Farben allmälig verschwinden, und bloſs Gelb und Blau zurückbleiben, welches erstere mit überwiegender Intensität zuletzt fast in völliges Weiſs übergeht. Ferner ist es bekannt, daſs Roth bei wenigem Lichte sehr dunkel erscheint, weſswegen auch rothe Zimmer bei dem weniger starken Kerzenlichte dunkel und unangenehm aussehen, die grüne Farbe aber ihre Eigenthümlichkeit verliert und mit Blau verwechselt wird.

Das *Sehen falscher Farben* (*Chrupsia, visus coloratus*) findet im krankhaften Zustande, z. B. bei der Gelbsucht

1 Edinb. Journ. of Science VI. 289.

statt, und ist leichter zu erklären. Nach Boyle[1] sahen einst die an der Pest erkrankten an Kleidern und sonstigen Gegenständen Regenbogenfarben, auch erscheinen bei heftigem Schrecken die Dinge leicht grün oder blau. Die subjectiven Farben gehören nicht hierher.

Das *Sehen falscher Gestalten*, Lagen und Gröfsen der Objecte (*Metamorphosia*, *visus defiguratus*) ist allezeit Folge eines krankhaften Zustandes des Auges, oder ganzen Körpers. Nach Lentin[2] sah ein Kranker alle Gegenstände zu klein, eine Beobachtung, welche genauer verfolgt zu werden verdient hätte, da die Gröfse der Dinge überhaupt nur relativ ist. Sauvages[3] führt einen Fall an, dafs ein achtzigjähriger Mann eine Zeit lang alle Gegenstände krumm und nach einer Seite hängend sah, womit die Beobachtung Stoll's[4] übereinstimmt, dessen Patient nach einer hitzigen Krankheit alle Objecte schief vorwärts gekrümmt zu sehen behauptete. Am merkwürdigsten ist der von Sennert[5] erzählte Fall, dafs ein Leibarzt zu Dresden, als er die Augen plötzlich in die Höhe richtete, alles umgekehrt sah, welcher Fehler sich nach drei Monaten bei einer abermaligen plötzlichen Erhebung der Augen wieder verlor.

Das *Doppeltsehen* (*Diplopia, visus duplicatus*) ist weit gewöhnlicher. Jeder Mensch mit gesunden Augen sieht beim künstlichen Schielen die Gegenstände doppelt, weil das gewohnte Verhältnifs der beiden Bilder in beiden Augen, vermöge dessen man nur einfach sieht, verändert ist. Entsteht durch partielle krankhafte Affectionen der Augenmuskeln eine unwillkürliche Bewegung der Augen, so hat dieses das Doppeltsehen zur Folge[6]. Indem ferner bei Kurzsichtigen die Vereinigung der Lichtstrahlen zum Bilde früher geschieht, als sie die Netzhaut erreichen, so müssen sie hinter diesem Puncte der

1 Exper. de coloribus. P. 1.

2 Observationum medic. fascic. I. Lips. 1764. 8.

3 Nosologia methodica emend. C. F. Daniel. Lips. 1790 — 97. V T. 8. II. 190.

4 Rationis medendi in Nosocomio pract. Vind. Part. III. Vienn. 1777 — 80. 8. II. 14.

5 Medicinae pract. LL. VI. Witteb. 1628. 4. I. Cap. 3. Sect. 2.

6 Home in Phil. Tr. LXXXVII. 8.

Vereinigung wieder divergiren, weſswegen manche entfernte Gegenstände, auch mit einem Auge gesehen, doppelt erscheinen können, welche *diplopia remotorum* also nach La Hire nicht von der Gestalt der Krystalllinse herrühren kann [1]. Das Doppeltsehen mit einem Auge kann indeſs auch Folge einer durch Krankheit oder Verletzung entstandenen polyedrischen Gestalt der Hornhaut oder der Krystalllinse seyn, wie in den von La Hire [2], Haller [3], Beer [4], u. a. beobachteten Fällen des zwei-, drei- und vierfachen Sehens mit einem Auge, durch Facettirung der Hornhaut nach Geschwüren veranlaſst. Daſs eine doppelte Oeffnung des Sterns das Doppeltsehen veranlaſst habe, bezweifelt Richter [5]; doch erzählt Giano Reghellini [6] ausführlich einen Fall dieser Art. In einigen Fällen ist das Doppeltsehen auch Folge von Hirnverletzungen, wie aus einer Beobachtung dieser Art durch Larrey [7] hervorgeht. Wenn dann jedes Auge doppelt sieht, und die verlängerten Axen beider Augen sich nicht im Objecte schneiden, so kann hieraus ein vierfaches Sehen folgen, wovon aber nur wenige Beispiele bekannt sind [8]. Wenn man also alle die verschiedenen krankhaften Affectionen des Auges einzeln aufzählt, welche den Fehler des mehrfachen Sehens veranlassen können, so ist ihre Zahl sehr groſs, weſswegen auch Sauvages [9] zehn Varietäten desselben aufzählt, und Klauhold [10], Klinke [11] und Haller [12] eine Menge Fälle dieser Art erwähnen [13].

1 Accidens de la vue. p. 352. Mém. de l'Ac. IX. 361.

2 Mém. de. l'Ac. IX. 364.

3 Elem. Phys. V. 485.

4 Lehre von d. Augenkrankheiten. II. 31.

5 Anfangsgr. d. Wundarzn. II. 31.

6 Osservazioni sopra alcuni casi rari medici e chirurgici. Venez. 1764. 4. p. 85.

7 Leroux Journ. de Médecine 1817. p. 456.

8 Eins ist erzählt in Hufeland's Journ. f. prakt. Heilk. XVI.

9 Nosol. I. 193.

10 Dissert. de visu duplic. Argent. 1746. 4.

11 Diss. de Diplopia. Gott. 1774. 4.

12 Elem. Phys. V. 485.

13 Eine eigene Art des Doppeltsehens, welches bei vollkommen gesunden Augen dadurch entsteht, daſs in einem jeden ein eigenes

Zur *Pseudoblepsis* muſs endlich noch eine sehr gemeine, wenn gleich von keinem krankhaften Zustande der Augen herrührende Erscheinung gerechnet werden, nämlich das Sehen von Strahlen, welche beim Anblicke eines Kerzenlichtes nach allen Seiten, vorzüglich aufwärts und unterwärts, aus demselben zu strömen scheinen, sobald man die Augenlieder etwas schlieſst, oder die Lichtstrahlen beim sogenannten Blinzeln. Nach verschiedenen älteren Versuchen [1], dieses Phänomen zu erklären, glaubte Vieth [2] anfangs, die Ursache liege in einem Drucke der Augenlieder gegen das Auge und somit gegen die Krystalllinse, deren Lamellen dadurch gleichsam streifig aus einander gingen, weil ein Glas, wenn man durch Wischen mit schweiſsigen Fingern Streifen auf demselben hervorbringt, ähnliche Strahlen zeigt. Kries [3] wandte dagegen ein, daſs ein noch stärkerer mechanischer Druck kein Phänomen dieser Art bewirkt, sobald die Augenlieder in die Höhe gehoben sind, und sieht daher diese Strahlen für Folgen des Lichtes an, welches von den glatten und spiegelnden Augenwimpern reflectirt ins Auge fällt. Hierbei erzeugen die unteren Wimpern die oberen Strahlen, die oberen die unteren, und ein leichter Versuch zeigt seiner Meinung nach, daſs gerade diejenigen Strahlen wegfallen, welche diesen Augenliedern zugehören, wenn man eins derselben allein aufhebt. Es folgt dann von selbst, daſs die oberen Strahlen von den unteren Wimpern gebildet werden müssen, und umgekehrt, indem die ersteren aufwärts ins Auge reflectirt werden, die letzteren unterwärts, wonach vermöge der Umkehrung des Bildes, sie in die entgegengesetzte Richtung versetzt werden.

Dieser Erklärung steht indeſs entgegen: 1. daſs die unteren Augenwimpern verschwindend klein sind gegen die oberen, weniger glänzend und oft fast ganz fehlend, ohngeachtet die oberen Strahlen gleich groſs und hell gesehen werden, als die unteren; 2. daſs die Strahlen auch dann nicht aufhören, wenn die Wim-

Bild des Objectes erzeugt wird, kann erst später bei der Untersuchung der Frage erörtert werden, ob wir mit beiden Augen zugleich, oder allezeit nur mit einem allein sehen.

1 Priestley Gesch. d. Opt. d. Ueb. S. 139. Smith Optik von Kaest. S. 371. Vergl. Vieth bei G. XIX. 187.

2 Vermischte Schriften Bd. I.

3 Voigt Mag. IX. 97. X. 495.

pern zufällig verbrannt sind, wie zuweilen durch Unvorsichtigkeit geschieht, oder wenn man sie nach Vieth's [1] Angabe mit einem Streifen Papier bedeckt; 3. dafs die Richtung der oberen Wimpern meistens zu sehr herabwärts ist, um durch Reflection ein Bild ins Auge zu werfen; 4. dafs endlich durch eine solche Reflection viele kleine strahlige Bilder der Lichtflamme entstehen müfsten, statt der breiten und gleichmäfsig nach unten und oben divergirenden Strahlen, welche vom Lichte ausfahren. Weit zulässiger ist daher die Annahme, dafs diese Strahlen das von den glänzenden, und durch ihre stete Feuchtigkeit spiegelnden Rändern der Augenlieder reflectirte Licht sind, welche den nämlichen Gesetzen gemäfs nach unten und oben divergiren müssen, indem die unteren Ränder die oberen hervorbringen und umgekehrt [2]. Die gebogenen, nicht völlig ebenen Ränder bringen dann die breiten Strahlen hervor und auch die seitwärts divergirenden.

Ganz diesen ähnlich sind die breiten Lichtflächen, welche auf gleiche Weise nach oben und unten divergirend wahrgenommen werden, wenn man mit blinzelnden Augen ein helles Fenster betrachtet, deren Ursache Kries richtig in dem von den Augenrändern reflectirten Lichte findet.

Ein ganz eigener kakochemischer Zustand der Augen mufs derjenige gewesen seyn, welcher sich bei einer Nonne, Bernardine Mirault in Flandern und einem gewissen Dumont in Spanien gefunden haben soll, deren Brillen in wenigen Monaten im Umfange des Sterns durch tiefe Risse zerkratzt wurden und verblindeten, welches nicht anders als aus verdunsteter Flufssäure erklärt werden könnte. So genau und anscheinend wahrhaft das Phänomen indefs erzählt ist [3], so würde doch keine Säure, auch nicht Flufssäure, die Beschädigung mit tiefen, geschlängelten, allerlei Figuren bildenden Rissen erzeugen, auch nicht blofs auf die Mitte beider Seiten der Gläser wirken, abgesehen von der sehr zerstörenden Wirksamkeit der freien Flufssäure gegen die feinen menschlichen Häute, welche sie doch, aus dem Auge

1 Voigt's Mag. IX. 413. G. XXII. 102.

2 Vollständig erläutert durch Vieth bei G. XIX. 187 ff. Vergl. S. 371.

3 Lichtenberg Mag. V. I. 116. vergl. Journ. histor. et polit. 1787. N. 14. p. 42.

strömend, gegen die Conjunctiva gleichfalls äufsern müfste. Das Factum ist daher stets noch zweifelhaft, oder vielmehr höchst unwahrscheinlich.

Die Wichtigkeit des Gebrauches der Augen und die Zartheit derselben fordern die gröfste Vorsicht zur Schonung und Erhaltung derselben [1]. Einige der wichtigsten und am häufigsten anwendbaren Regeln sind folgende. Der Aufenthalt im Dunkeln ist an sich nicht schädlich, wohl aber eine künstliche Dunkelheit am Tage mit grellem, durch Ritzen schimmerndem Lichte, desgleichen der plötzliche Uebergang aus der Dunkelkeit zur starken Helligkeit. Anhaltende Dunkelheit aber schwächt das Auge, und der Lichteindruck darf nur vom entzündeten und kranken durch einen Schirm abgehalten werden, weniger der vermehrten Hitze wegen, durch einen Verband. Zu grofse und anhaltende Helle überreizt das Auge, und erzeugt Entzündung. Das Lesen in der Dämmerung schwächt, wenn es zu grofse Anstrengung erfordert, ist jedoch weit weniger gefährlich, als manche glauben, und steht rücksichtlich seines schädlichen Einflusses dem Eindrucke des zu starken Lichtes bei weitem nach, denn ein entzündetes oder schwaches Auge erträgt selbst den Eindruck des Kerzenlichtes und die Anstrengung bei demselben nicht. Anhaltendes Sehen glänzender Gegenstände überhaupt, und der Eindruck des hellen Tags- oder gar Sonnenlichtes beim Erwachen oder gleich nachher ist schädlich, auch sind rothe Tapeten, so wie rothe und blendend weifse Vorhänge vor den Fenstern beim Sonnenscheine leicht angreifend, grüne Vorhänge dagegen und überhaupt der Anblick der Gegenstände im frischen Grün sind in der Regel wohlthätig. Frühes und öfteres Waschen mit kaltem Wasser, überhaupt Nässe, wirkt leicht nachtheilig [2] und kaltes Wasser darf nur bei Verletzungen zur Abhaltung einer drohenden Entzündung angewandt werden, ist aber in letzterem Falle, anhaltend gebraucht, vom gröfsten Nutzen. Dagegen waschen manche Personen mit gutem Erfolge

1 Man findet diesen Gegenstand abgehandelt von Lichtenberg in Gött. Taschenb. 1791. Büsch Erfahrungen Bd. II. Hamb. 1791. Büsch und Lichtenberg über einige wichtige Pflichten gegen die Augen, mit Anmerkungen von S. Th. Sömmerring. Frkf. 1794. 8. Diätetik für gesunde und schwache Augen u. s. w. von C. H. Weller. Berl. 1821. 8.

2 Weller a. a. O. S. 105.

ihre reizbaren Augen am Morgen mit sehr warmen Wasser, wobei aber für hinlängliches Abtrocknen und Vermeidung eines unmittelbar folgenden Eindruckes der kalten Luft gesorgt werden muſs.

Am zuträglichsten für die Augen ist gleichmäſsiges, nicht zu helles Licht, desgleichen die Verringerung einer zu groſsen Differenz zwischen der Stärke des Lichts und der Dunkelheit, denen das Auge bei nothwendigen Geschäften ausgesetzt werden muſs. Lichtschirme, welche durch Reflection zu vieles Licht auf die gesehenen Gegenstände werfen, und zugleich das Zimmer zu sehr verdunkeln, sind daher schädlich. Wenn man aber das Licht mäſsigt, so sind sie zuträglicher, als freies Kerzenlicht, weil der Reiz desselben überhaupt stärker, und der Abstand seiner Helligkeit von der Finsterniſs der dunkelsten Stellen des Zimmers noch gröſser ist, als beim Gebrauche der Schirme. Büsch, Weller u. a. empfehlen daher mit Recht die kleinen Schirme von grünem Taffent, welche ohne zu groſse Verdunkelung den Anblick der grellen Lichtflamme hindern. Das blendende Licht der Argand'schen Lampen, so wie hell erleuchtete Säle sind sehr nachtheilig und müssen bei sehr reizbaren Augen gänzlich vermieden werden, wenn man sich nicht durch einen geeigneten Schirm gegen den Einfluſs derselben schützen kann.

Das gesammte, von den gesehenen Objecten ausgehende, in das Auge fallende Licht bildet eine Pyramide, oder einen Kegel, dessen Basis auf dem Objecte ruhet, die fast vollkommene Spitze aber in der Krystalllinse, von wo aus dasselbe sich wieder verbreitend auf der Retina zum Bilde wird. Nimmt man die äuſsersten Grenzen dieses Lichtkegels, oder zieht man von den Grenzen des gesehenen Objectes gerade Linien, welche sich in der Krystalllinse schneiden, so erhält man den *Sehwinkel, Gesichtswinkel, optischen Winkel; angulus opticus s. visorius;* angle optique, angle visuel; *visual or optic angle*, unter welchem das Object erscheint. Es liege die Mitte S der Linie MN in der Axe des Auges, die Lichtstrahlen Mm, Fig. 218. Nn gehen durch die Mitte der Linse, also ungebrochen durch dieselbe, und erreichen die Retina in m und n, wo zugleich der Vereinigungspunct aller übrigen, von den Puncten M und N ausgehenden Lichtstrahlen, mithin die Erzeugung des Bildes

statt findet, so folgt, dafs die Gröfse m n, oder die Gröfse des Bildes der Gröfse des Objectes M N directe und seiner Entfernung umgekehrt proportional ist, bis zu derjenigen Grenze, wo die Linie M N zu grofs wird, als dafs ihr Bild ganz vom Auge umfafst werden könnte, oder zu klein, als dafs überhaupt ein Bild statt finde. Die Untersuchung der ersteren Gröfse führt auf die Bestimmung des *Gesichtsfeldes* beim Auge, welche zwar nicht scharf seyn kann, indem man nur diejenigen Objecte deutlich sieht, welche in der Augenaxe und nahe bei derselben liegen, mit abnehmender Deutlichkeit aber auch die seitwärts liegenden. Man nimmt an, dafs das Auge ein Feld übersehe, welches zwischen den Schenkeln eines rechten Winkels liegt, oder dafs der Halbmesser des Gesichtsfeldes die Tangente eines Winkels von 45°, nach andern wohl richtiger von 48° sey, weil mehr divergirende Strahlen von der Hornhaut reflectirt werden, und somit gar nicht ins Auge gelangen. Indefs ist die Gröfse bei verschiedenen Augen sehr ungleich. Die Bewegung der Augenaxe aber beträgt nach jeder Seite 55°, und hiernach ist also die Gröfse des Gesichtsfeldes in diesem Sinne = 110° nach Th. Young [1].

Weit schwieriger ist die Frage, bei welchem Gesichtswinkel die Gegenstände unsichtbar werden, oder welcher der kleinstmögliche ist, indem es hierbei nicht blofs auf die jedesmalige Beschaffenheit des Auges, sondern insbesondere auch auf den Grad der Erleuchtung ankommt. Sehr hell und scharf leuchtende Körper verschwinden nicht, wenn ihr optischer Winkel auch unmerklich klein ist, wie die Fixsterne beweisen. Nach Adams ist ein Gegenstand, welcher bei Tage in einer 3436 mal gröfseren Entfernung, als sein Durchmesser beträgt, gesehen wird, bei Nacht in einer hundertmal gröfseren Entfernung noch sichtbar, wenn er die nämliche Helligkeit behält. Daher ist eine Lichtflamme bei Nacht in grofser Entfernung, und es sind die *Sonnenstäubchen* nur im verschieden erhellten Zimmer sichtbar. Die Schwächung des Lichtes beim Durchgange durch die Luft verdunkelt die Bilder der Gegenstände im Horizonte, und ferne Hügel, welche des Morgens oder nach einem Regen bei klarer Atmosphäre sichtbar sind, verschwinden bei Tage durch die Dünste; und auch auf hohen Bergen sieht man viel weiter und klarer, als in der Ebene. Als ohngefähres Mittel der Be-

1 Phil. Tr. XCI. 45. Vergl. *Gesichtsfeld.*

stimmung mag Folgendes dienen. Herschel fand mit 6450facher Vergröſserung den Durchmesser der Wega = 0″,355. Nehmen wir dieses als genähertes Maſs für einen der gröſsten Sterne erster Gröſse an, setzen ferner die Vergröſserung des Durchmessers = 18, also den wirklichen Durchmesser in genähertem Werthe = 0,02 Secunde, und setzen wir ferner voraus, daſs sich unter den kleinsten, mit den schärfsten bloſsen Augen sichtbaren Sternen, nämlich der zehnten Gröſse, gleich groſse und helle, jedoch der zehnfachen Entfernung wegen scheinbar um eben so viel kleinere Sterne befinden, so würden diese selbstleuchtenden Sonnen bei einem kleineren Winkel als 0,002 Sec. verschwinden, und dieser wäre sonach der kleinste optische Winkel für stark selbstleuchtende Körper [1], abgesehen von der unbestimmten Schwächung des Lichtes beim Durchdringen weiterer Räume. Inzwischen erzeugen die Fixsterne sämmtlich kein eigentliches Bild, sondern bringen einen bloſsen Lichtreiz auf der Retina hervor, wobei noch auſserdem die, ihr Bild vergröſsernde, Irradiation in Betrachtung kommt.

Soll dagegen im Auge ein wirkliches und meſsbares Bild erzeugt werden, so darf der optische Winkel auch bei guter Erleuchtung schwerlich kleiner seyn, als 30″. Dr. Hook [2] bestreitet daher Hevel's Methode, die Winkel am Himmel ohne Fernröhre zu messen, und behauptet, daſs Gegenstände unter einem kleineren Winkel als eine Minute dem Auge verschwinden, obgleich es nach ihm Menschen giebt, welche bei groſser Schärfe des Gesichts Gegenstände noch bei einem Winkel von 20″ unterscheiden können [3]. Smith [4] und Courtivron [5] folgern aus Versuchen, daſs ein schwarzer Fleck auf weiſsem Grunde oder ein weiſser auf schwarzem verschwinde, wenn sein Durchmesser kleiner werde als 40″ oder sein Abstand 5156 mal gröſser sey, als sein Durchmesser. Ersterer berechnet für diese
Fig. 219. Gröſse m n = $\frac{1}{8000}$ stel Zoll, und nennt diesen Raum einen

1 Vergl. Olbers in Astron. Jahrb. 1826. S. 110.

2 Animadvers. in partem prim. mach. coel. Hevelii.

3 Birch History of the Royal Soc. III. 120.

4 Optik. S. 29.

5 Mém. de Par. 1752. p. 200.

empfindlichen Punct der Retina, GEHLER [1] eine einzelne Nervenspitze; allein die erstere Vorstellung steht im Widerspruche mit dem Lichtreize, welchen die Fixsterne hervorbringen können, letztere hiermit und mit der Möglichkeit, dafs auf einem Nervenende von gröfserer Ausdehnung ein willkürlich kleines Bild Empfindung erzeugen könnte. JURIN [2] hat bei diesen Untersuchungen vorzüglich auf den Grad der Erleuchtung Rücksicht genommen. Er bemerkt, dafs Fixsterne von weniger als 1″ Sehwinkel dennoch wahrgenommen werden, weil ihr Bild (?) sich ausbreite, dafs Striche auf gröfsere Entfernung als Puncte, und längere auf gröfsere Weiten als kürzere sichtbar sind, weil das von ihnen reflectirte Licht mehr Nerven rührt. Er konnte ferner einen Silberdraht von $\frac{1}{183}$ stel Zoll Dicke auf weifsem Papiere unter einem Gesichtswinkel von 3″,5 und einen seidenen Faden unter 2″,5 sehen. Auch nach ADAMS ist eine lange Stange weiter sichtbar, als ein Quadrat, dessen Seite dem Durchmesser derselben gleich ist. Oft werden Gegenstände erst durch ihre Bewegung sichtbar, z. B. kleine Sterne im Fernrohre.

Gehaltreiche Untersuchungen über diesen Gegenstand hat T. MAYER [3] angestellt, und aus Versuchen 34″ als kleinsten Sehwinkel für einen schwarzen Fleck auf sehr weifsem Papiere gefunden. Schwarze Striche mit Zwischenräumen von gröfserer Breite, als sie selbst, waren auf weitere Entfernungen kenntlich, als mit gleichen oder kleineren. BUGGE's Versuche stimmen hiermit nahe überein. Eine weifse Kreisfläche von 1 dec. Zoll Durchmesser im Mittelpuncte einer schwarzen Scheibe von 1 F. Durchmesser war im hellen Sonnenlichte Personen von ungewöhnlich gutem Gesichte noch in 5000 Z. Entfernung sichtbar, welches einen Sehwinkel von 41″ giebt; Personen von gewöhnlich gutem Gesichte aber noch in 4000 Z. Entfernung, also bei einem Gesichtswinkel von 52″. Aus einer grofsen Reihe von Versuchen kann man bei mäfsigem Sonnenschein den kleinsten Sehwinkel auf 1′, bei dunkelm Wetter auf 2′ setzen [4], u. z.

1 Wörterb. IV. 32. Aehnliche Vorstellungen findet man bei PORTERFIELD, MONRO, CLIFFORD u. a. S. HALLER El. Phys. V. 4.

2 Smith. Opt. S. 502.

3 Exper. circa Visus aciem. Com. Soc. Gott. IV. 97.

4 Theoretisch-praktische Anleitung zum Feldmessen u. s. w. A. d. Dän. von Tobiesen. Alt. 1807. S. 59 u. 60.

gerichtet sind. Im ersten Momente der Richtung beider Augenaxen sieht man indeſs nicht bloſs dasjenige Object, in welchem beide verlängert sich schneiden, sondern auch die seitwärts liegenden, deren Bilder daher seitwärts von dieser Axe ins Auge fallen, wobei aber ganz eigenthümliche und höchst merkwürdige Modificationen in Betrachtung kommen, welche hauptsächlich J. Brewster genau untersucht hat [1]. Fixirt man irgend ein Object, welches hiernach also *direct* gesehen wird, so verschwinden die seitwärts davon liegenden, *indirect* gesehenen, allmälig, insbesondere schmale weiſse Streifen auf schwarzem oder schwarze auf weiſsem Grunde. Ist das indirect gesehene Object in gleicher Entfernung und selbstleuchtend, z. B. eine Kerze, so verschwindet es nicht ganz, erhält aber eine gelbe Hülle mit einem blauen Streifen in der Mitte; werden aber beide Lichter durch ein Prisma besehen, so verschwindet das rothe und grüne Licht aus dem indirecten Bilde, und es bleibt bloſs Gelb mit einer Umgebung von Blau. Wird ein Gegenstand anhaltend bei schwachem Lichte fixirt, so bringt dieses eine dem Eindrucke des zu starken Lichtes nahe kommende Ermüdung hervor, so daſs der Gegenstand endlich ganz verschwindet. Dieses erklärt sich nicht bloſs daraus, daſs die Nerven gegen Eindrücke von anhaltender Dauer abgestumpft werden, sondern auch aus der Ermüdung des Auges in der Adjüstirung für diejenige Entfernung, worin sich der Gegenstand befindet. Brewster macht hiervon zwei interessante Anwendungen. Einmal nämlich wird hieraus erklärlich, warum namentlich bei Nacht nicht bloſs anhaltend fixirte entlegene Objecte abwechselnd verschwinden, sondern auch gleichzeitig indirect gesehene, worauf manche Erzählungen von abwechselnd erschienenen und wieder verschwundenen Gestalten beruhen mögen, anderntheils geht hieraus der Grund hervor, warum nach der Beobachtung der Astronomen [2] sehr schwach leuchtende Sterne durch directe Betrachtung nicht genau gesehen werden können, wohl aber indirect, wenn das Auge auf einen in der Nähe befindlichen gröſseren gerichtet ist. Brewster räth statt dessen, solche schwach

1 Edinb. Journ. of Science VI. 288. Versuche dieser Art fand ich für meine Augen so angreifend, daſs ich es aufgeben muſste, sie nachzumachen.

2 Phil. Trans. 1824. III. 15.

leuchtende Sterne direct zu betrachten, indem man das Ocular des Fernrohrs etwas aus dem Focus des Objectivglases rückt, um statt eines Lichtpunctes einen kleinen Kreis divergirender Lichtstrahlen zu erhalten, oder das Auge durch Betrachtung näherer Objecte hierfür zu adjüstiren und dann den schwach leuchtenden Stern zu beobachten.

In wie fern der Sehwinkel dazu diene, das Urtheil über die Gröfse und die Entfernung der Gegenstände zu bestimmen, zeigt folgende Betrachtung. Trifft die verlängerte Axe des Auges s OS die Mitte des Gegenstandes, und steht auf seinem wahren Durchmesser MN, welcher zugleich als das Mafs seiner wahren Gröfse dienen kann, normal, so ist $2\,\text{Tang.}\,\frac{1}{2}\,O = \frac{MN}{OS}$. Fig. 218.

Es ist also die Tangente des Sehwinkels dem Durchmesser, oder der wahren Gröfse des Objectes directe, der Entfernung aber umgekehrt proportional, oder aber die Tangente des Sehwinkels wird mit der wirklichen Gröfse der Objecte wachsen, mit ihrer Entfernung aber abnehmen. Bei kleinen Winkeln kann man ohne merklichen Fehler statt Tangenten die Winkel oder ihre Bögen selbst nehmen, und also sagen, *dafs die Gröfse des optischen Winkels der Gröfse des Objectes directe, seiner Entfernung aber umgekehrt proportional sey.* Indem ferner

$$MN = 2\,\text{Tang.}\,\tfrac{1}{2}\,O \times OS$$

$$OS = \frac{MN}{2}\,\text{Cot.}\,\tfrac{1}{2}\,O,$$

so können der Sehwinkel, die wahre Gröfse und die Entfernung je einzeln aus den andern gefunden werden. Fällt die Augenaxe nicht normal auf den Durchmesser des Objectes, so könnten die angegebenen Gröfsen auch im schiefwinklichen Dreieck berechnet werden, leichter aber ist es, und hinlänglich genau, wenn MN mit dem Sinus des Neigungswinkels = I, welchen der Durchmesser des Objectes mit der Augenaxe macht, multiplicirt wird, woraus: 1. *für den optischen Winkel*, 2. *für die Gröfse des Objectes* und 3. *für die Entfernung desselben* folgende Formeln entstehen.

$$2\,\text{Tang.}\,\tfrac{1}{2}\,O = \frac{MN.\ \text{Sin.}\,I}{OS}$$

$$MN = \frac{2\,\text{Tang.}\,\tfrac{1}{2}\,O \times OS}{\text{Sin.}\,I}$$

Letzteres nur dann, wenn sehr kleine, hinlänglich erleuchtete Gegenstände sich in der Weite des deutlichen Sehens befinden. Einzelne Gegenstände bleiben auf gröſsere Weiten sichtbar, als gleich groſse Zwischenräume zwischen ihnen, u. z. nimmt man innerhalb der Grenze des deutlichen Sehens den Sehwinkel für die letzteren um 0,25 gröſser an, als für die ersteren, auſserhalb dieser Grenze aber wird der Unterschied noch beträchtlicher, weil die Zerstreuungskreise die Bilder der Gegenstände vergröſsern, der Zwischenräume dagegen verkleinern.

Auſser dem Grade der Beleuchtung kommen indeſs noch andere Bedingungen bei der Bestimmung des kleinstmöglichen optischen Winkels in Betrachtung. Vorzüglich wird das Auge kleine Gegenstände in groſser Nähe unter einem viel kleineren Gesichtswinkel wahrnehmen, als groſse in weiterer Entfernung, wie schon aus der Abnahme der Lichtstärke an sich und durch den Verlust desselben beim Durchgange durch die Luft folgt. Ist aber die Luft sehr durchsichtig, wie z. B. auf den höchsten Bergen, so bleibt ein mäſsig stark erleuchteter Gegenstand nach v. Humboldt's[1] Beobachtungen noch unter einem kleineren Gesichtswinkel als 13″ sichtbar. Ist ferner bloſs vom Sehen, und nicht zugleich vom Erkennen des Gesehenen die Rede, so sind kleine, gegen vieles Licht gehaltene Gegenstände innerhalb der Weite des deutlichen Sehens bis zu einem verschwindenden optischen Winkel sichtbar. Nach Leuwenhoek geben 18000 Spinnefäden die Dicke eines Barthaares. Man wird sich daher von der Wahrheit nicht sehr entfernen, wenn man annimmt, daſs von den feinen Spinnefäden in optischen Werkzeugen zehn auf den Durchmesser der gleichfalls in dieselben wohl eingezogenen Silberfäden gehen, deren Diameter nach Messungen $\frac{1}{36}$stel Par. Lin. beträgt[2]. Solche Spinnenfäden, in einer Entfernung von 10 Z. sichtbar, haben einen optischen Winkel von 4″,7 und wenn man annimmt, daſs ein scharfes Auge einen solchen auf 5 F. Entfernung sieht, so betrüge der optische Winkel nahe 0″,8, welches also die obige Angabe von Jurin noch beträchtlich übersteigt. Hiermit stimmt dasjenige überein, was v. Bär [3] von einigen seiner Zuhörer anführt, nämlich daſs sie ein Haar $\frac{1}{60}$stel

1 G. XXIV. 15.

2 G. der A. G. LXXI. 423.

3 Vorles. über Anthropologie I. §. 153. Aus Fries Naturl. S. 396

Lin. stark in 28 F. Entfernung sehen konnten, also bei einem optischen Winkel von 1 Sec. Allein bloſs bei selbstleuchtenden, oder durch vieles Licht begrenzten Objecten ist ein so kleiner Sehwinkel möglich, und es bleibt dabei fraglich, ob das Wahrnehmen so dünner Fäden ein eigentliches Sehen vermittelst eines erzeugten Bildes und nicht vielmehr eine bloſse Wahrnehmung der Unterbrechung des freien Lichtes vermittelst eines Schattens auf der Retina ist, wobei noch obendrein die Wirkung der Inflection in Betrachtung kommt; bei mittlerer Beleuchtung und mittlerer Durchsichtigkeit der Luft verschwinden mehrere Fuſs, etwa 10 bis 100 F. entfernte Gegenstände, wenn der optische Winkel 40″, entferntere in einem Abstande von 100 bis 1000 F., wenn er eine Minute nicht erreicht, und für noch gröſsere Entfernungen ist die Bestimmung überhaupt sehr unsicher. Zuerst werden in gröſseren Entfernungen die Formen der Körper nicht genau unterschieden, und kleine Gegenstände verschwinden ganz, als Blätter der Bäume, Reiser, Aehren u. s. w. Wälder und Kornfelder zeigen sich in der Ferne als zusammenhängende Massen, parallele Reihen von Bäumen scheinen sich nicht bloſs zu nähern, sondern der Zwischenraum verschwindet zuletzt ganz. Eine Allee, über 5000 mal so lang als breit, scheint am Ende geschlossen, weil der Abstand der letzten Bäume nur 40″ im Bogen beträgt.

Vorzüglich wird endlich die mögliche Weite des Sehens noch durch die *Gesichtsschärfe* der einzelnen Individuen bedingt. In dieser Hinsicht unterscheiden sich sehr die wilden Nationen von den cultivirten Europäern, indem jene oft mit bloſsen Augen weiter sehen, als diese durch Taschenfernröhre. Beispiele von unglaublicher Schärfe des Gesichts (und auch des Gehörs) bei den Canadensern und den nordamericanischen Wilden überhaupt erzählen namentlich Carver [1], bei den Charruas und den wilden Bewohnern Südamerica's Azara [2], bei den Hottentotten Barrow [3] und andere Reisende.

Genau gesehen wird nur derjenige Gegenstand, auf welchen die Axe eines oder die convergirenden Axen beider Augen

1 Reisen durch die innern Gegenden von Nordamerica A. d. E. Hamb. 1780. S. 209.

2 Voyages dans l'Amérique mérid. T. II.

3 Reis. in d. Innere von Südafrica. Leipz. 1801. S. 452.

$$OS = \frac{MN. \text{ Sin. } I}{2 \text{Tang.} \frac{1}{2} O}$$

Ganz auf gleiche Weise ist für das Bild im Auge $mn = 2 mO$. Tang. $\frac{1}{2}$ O. Es existirt somit ein nothwendiges Verhältniſs zwischen der Gröſse und Entfernung des Objectes und der Gröſse des Bildes, und zwar so, daſs bei gleicher Entfernung verschiedener Gegenstände die Gröſse der durch sie erzeugten Bilder ihrer wirklichen Gröſse direct, bei gleicher wirklicher Gröſse aber der Entfernung umgekehrt proportional ist. Indem aber hierbei zwei unbekannte Gröſsen vorhanden sind, welche einander wechselseitig bedingen, so ergiebt sich schon hieraus, daſs die Vorstellung weder von der einen noch von der andern durch den bloſsen Eindruck unmittelbar gegeben seyn kann, sondern daſs ein Urtheil hinzukommen muſs, welches die eine bestimmt, um die andere zu finden. Eben deſswegen aber sind weder die Gröſse noch die Entfernung stets wirklich, sondern nur *scheinbar*, und werden auch so genannt.

Indem die Gröſse des optischen Winkels zur Bestimmung der Gröſse eines Objectes unentbehrlich ist, die wirkliche Bestimmung derselben aber nur dann geben kann, wenn zugleich die Entfernung bekannt ist, so sollte man diesen Winkel selbst die *scheinbare Gröſse* (*magnitudo apparens*, grandeur apparente) nennen. Indeſs scheinen dem Auge nicht alle Gegenstände gleich groſs, bei denen dieser Winkel gleich ist, wie sich am auffallendsten bei der Sonne und dem Monde zeigt, wenn sie im Zeinth und im Horizonte gesehen werden, indem der optische Winkel derselben in beiden Fällen gleich groſs ist, sie daher auch durch ein Fernrohr oder eine bloſse Röhre gesehen, gleich groſs erscheinen, nicht aber mit unbewaffnetem Auge. Weil der Mensch aber, durch lange Uebung gewöhnt, und daher ohne sich dessen bewuſst zu seyn, allezeit die Gröſse und Entfernung zugleich bestimmt, so muſs das Urtheil über die Gröſse unrichtig seyn, wenn die Entfernung nicht richtig bestimmt ist, und so nennen wir denn die durch Vergleichung beider erhaltene Vorstellung von der Gröſse eines Objectes gleichfalls und in der Regel die *scheinbare Gröſse*.

Kennen wir die wahre Gröſse eines Objectes genau, so ändert die verschiedene Entfernung unsere Vorstellung nicht. Ein auf 40 F. entfernter erwachsener Mensch erscheint uns gröſser

als ein Kind in der Entfernung von 4 F. und doch ist der erstere Gesichtswinkel mehrmal kleiner, als der letztere. Ist uns aber die wahre Gröſse unbekannt, so messen wir dieselbe bei gleichbleibendem optischen Winkel nach der Entfernung, und werden getäuscht, wenn wir diese unrichtig schätzen. Wenn z. B. ein Fernrohr den Durchmesser 20 mal, mithin die Fläche 400 mal vergröſsert, so glauben wir die Himmelskörper viel gröſser sehen zu müssen, als sie uns deswegen wirklich erscheinen, weil sie zugleich viel näher gebracht werden, und eben daher kommt es, daſs die verschiedenen Beobachter die Gröſse des Jupiters z. B. ganz ungleich bezeichnen, indem einige ihn mit einem Gulden, andere mit einem Groschen vergleichen, je nachdem sie das dunkele Gesichtsfeld, worin er sich befindet, weiter oder näher setzen. Eben daher scheinen uns Sonne und Mond im Horizonte gröſser, weil wir sie dunkler und weiter hinter ferne Gegenstände setzen[1], und die Höhenwinkel werden in der Regel zu hoch geschätzt, weil uns die unteren 45° des Quadranten gröſser als die oberen scheinen, auch erscheint uns aus gleichen Gründen das Himmelsgewölbe als eine im Zeinth abgeplattete Kugelfläche. Die Sehne eines Kreises erscheint einem im Umfange desselben befindlichen Auge allezeit unter dem nämlichen Winkel, weil alle Winkel an der Peripherie, welche diese Sehne überspannen, einander gleich sind, und der optische Winkel ist daher überall gleich. Man glaubt, daſs die Amphitheater der Alten nach dieser Regel gebauet sind.

Anfangs war man der, aus Kepler's Erklärung der Functionen des Auges folgenden Meinung, die scheinbare Gröſse der Objecte werde bloſs durch die Gröſse des optischen Winkels bestimmt, wie vorzüglich Tacquet mit vielen praktischen Anwendungen demonstrirte. Malebranche dagegen erwies, daſs auch die scheinbare Entfernung zu dieser Bestimmung erforderlich sey. Die frühere Meinung erhielt indeſs wieder starkes Uebergewicht durch Varignon[2], indem er die Curve bestimmte, in welcher Bäume einer Allee gepflanzt seyn müſsten, um vom Ende aus gesehen gleiche Entfernung zu zeigen. Bouguer[3] vertheidigte mit triftigen Gründen die richtige Meinung

1 Vergl. *Augentäuschungen* weiter unten.

2 Mém. de l'Acad. 1717.

3 Mém. de l'Acad. 1755. p. 99.

Malebranche's, welche seitdem auch allgemein angenommen wird.

Bei der Bestimmung des Urtheils über die wirkliche Gröſse eines Objectes durch die scheinbare desselben, kommt also die Entfernung vorzüglich in Betrachtung, und indem auch diese wiederum durch die Gröſse bestimmt wird, so giebt es gleichfalls eine scheinbare Entfernung. Die *scheinbare Entfernung*, der *scheinbare Abstand* (*distantia apparens*; distance apparente) bezeichnet zuerst denjenigen Winkel, welchen die aus dem Centrum des Auges nach zwei entfernten Gegenständen gezogenen Linien mit einander bilden. In dieser Bedeutung des Wortes reden wir von der scheinbaren Entfernung zweier Sterne, oder zweier weit entlegener irdischer Objecte. Aus diesem scheinbaren Abstande pflegen wir zwar auf den wirklichen Abstand beider Objecte zu schlieſsen, allein mit sehr geringer Richtigkeit, weil die Winkel, welche eine, diese beide mit einander verbindende Linie mit den vom Auge nach denselben gezogenen Linien macht, und die man bei unbekannter Entfernung der Objecte für gleich hält, nicht durch bloſse Beobachtung gegeben sind. Es werden uns daher die beiden Sterne eines Doppelsternes und zwei entlegene Kirchthürme einander nahe scheinen, obgleich sie sehr weit von einander liegen, in andern Fällen aber irdische Objecte, welche mit dem Auge ein gleichsenkliches Dreieck bilden, weiter von einander entfernt scheinen, als sie wirklich sind.

Zweitens aber versteht man unter *scheinbarer Entfernung*, scheinbarem Abstande, diejenige Entfernung eines Gegenstandes vom Auge, welche wir demselben beilegen. Indem wir nämlich mit dem durch das Auge erhaltenen Bilde eines Objectes allezeit, und meistens ohne uns dessen bewuſst zu seyn, ein Urtheil über Gestalt, Gröſse und Entfernung desselben verbinden, so giebt es auf gleiche Weise eine scheinbare Entfernung, als eine scheinbare Gröſse, und ist jene nichts weiter, als die Vorstellung der wirklichen Entfernung, welche wir uns nach gewissen gewohnten Regeln und durch mancherlei Bedingungen bilden.

Ueber die zur Schätzung der Entfernung erforderlichen Bedingungen äuſsert sich schon Kepler [1] sehr richtig, daſs die

1 Paralip. ad Vitell. p. 62.

Entfernung der beiden Augenaxen gleichsam die Grundlinie sey, deren man sich zur Bestimmung der Entfernung bediene, indem der Winkel, welchen die aus beiden Augen verlängerten, im Objecte sich schneidenden Augenaxen bilden, der Entfernung umgekehrt proportional ist. Dieses reicht indefs blofs für nahe Gegenstände hin, indem der Winkel sich bei gröfseren Entfernungen zu wenig ändert. Wenn Kepler übrigens beim Sehen mit einem Auge die Breite der Pupille als eine solche Grundlinie anzunehmen scheint, so ist dieses schwerlich zu rechtfertigen, mehr aber die Schätzung nach der Lichtstärke. Nach Cartesius[1] ist die Bestimmung der Entfernung gleichfalls auf dem Winkel der Augenaxen und einer, von jenem angenommenen Veränderung der Krystalllinse gegründet, jedoch meint er, das letztere Hülfsmittel reiche nur bis auf 4 F., das erstere bis auf 20 F. aus, und über 100 bis 200 F. gebe es gar keine deutliche Vorstellung von der Entfernung. Smith[2] führt das Urtheil über die Entfernung der Gegenstände blofs auf die scheinbare Gröfse derselben zurück, denn die Erfahrung habe uns gelehrt, dafs gewisse scheinbare Gröfsen eines bekannten Körpers stets mit gewissen Entfernungen verbunden wären, und so errege die Empfindung der Gröfse desselben sogleich die Vorstellung seines Abstandes. Hiergegen bemerkt indefs Robins[3] sehr richtig, dafs diese Behauptung in ihrer ganzen Strenge gegen die Erfahrung streite; denn sonst müsse ein Mikroskop die Gegenstände so viel näher bringen, als es den optischen Winkel vergröfsere, ein Hohlglas verkleinere das Bild, und bringe es doch näher, und von den beiden Bildern, welche eine Lichtflamme auf den beiden Flächen einer etwas entfernten biconvexen Linse erzeuge, sey das kleinere verkehrte zugleich auch das nächste. De la Hire[4] giebt fünf Stücke an, worauf die Bestimmung der Entfernung beruhe, welche einzeln und in Verbindung mehr oder weniger in Betrachtung kommen sollen. Diese sind die scheinbare Gröfse, die Helligkeit der Farbe, die Richtung beider Augenaxen, die Parallaxe oder veränderte Lage der Gegenstände beim bewegten Auge und die Deutlichkeit der kleinsten Theile.

1 Dioptr. p. 68. De Homine p. 66 — 71.

2 Optik. S. 45.

3 Math. Tracts. Lond. 1761. 8. II. 230.

4 Mém. de Par. 1694.

Die Maler haben gewöhnlich nur die beiden ersten Bedingungen in ihrer Gewalt, bei Theaterdecorationen aber, wo Theile wirklich in verschiedene Entfernungen vom Auge gestellt werden, stehen ihnen die vier ersten zu Gebote, und sie können daher eine lebhafte Täuschung hervorbringen.

Am vollständigsten und schärfsten hat indefs Porterfield[1] die Mittel, wodurch das Urtheil über die Entfernung bestimmt wird, angegeben, worunter er folgende rechnet.

1. Die Einrichtung, welche sich das Auge geben mufs, um die Gegenstände deutlich zu sehen, es mag diese bestehen, worin sie wolle. Vorzüglich dient dieses für kleine Entfernungen, kommt aber auch bei gröfseren in Anwendung, so lange sich das Auge für dieselben noch einrichten mufs, und erst dann, wenn die Objecte so weit entfernt sind, dafs die auf das Auge fallenden Strahlen für parallel gelten können, verschwindet überhaupt die deutliche Vorstellung von der Entfernung.

2. Der Winkel beider Augenaxen giebt eines der sichersten Hülfsmittel, dessen Mangel bei Einäugigen und stark Schielenden sich auffallend zeigt. Hängt man einen Ring auf, stellt sich gegen die Kante desselben, und versucht mit einem gekrümmten Stabe die Oeffnung zu treffen, so ist dieses leicht beim Gebrauche beider Augen, schwer wenn man eins verschliefst oder entbehrt[2]. Indefs reicht dieses Mittel höchstens bis zur Entfernung von 120 F.

3. Die scheinbare Gröfse, jedoch blofs dann, wenn die wahre bekannt ist. Kennen wir die letztere gar nicht, so fällt meistens die genäherte Bestimmung der Entfernung ganz weg, wefswegen uns Sonne und Mond gleich fern erscheinen, und Berge in der Regel näher als sie sind, weil wir ihre wirkliche Gröfse zu geringe schätzen, und sie hiernach des grofsen optischen Winkels wegen zu nahe glauben.

4. Die Helligkeit und Lebhaftigkeit der Farben. Indem

1 Treatise on the eye.

2 Biot Précis cet. II. 372 macht die Bemerkung, dafs man eine Nadel besser beim Gebrauche beider Augen als eines einzigen einzufädeln vermöge. Wer jedes seiner Augen einzeln leicht zu verschliefsen vermag, wird keinen Unterschied finden, er mag sich nur eines, oder beider Augen bedienen. Allein bei diesem Versuche sind die gesehenen Objecte zu nahe, und die beiden Hände geben von selbst das Mafs der Entfernung.

nämlich das Licht bei seinem Durchgange durch die Luft verliert, so werden alle Gegenstände blasser und dunkler, je weiter sie entfernt sind. Daher scheinen uns Sonne und Mond im Horizonte gröſser, weil wir sie für entfernter halten; ein Zimmer mit frisch geweiſsten Wänden scheint kleiner, beschneiete Berge scheinen näher, und im Nebel verändern sich Gröſse und Entfernung aller Umgebungen auffallend. Hierauf beruhet die *Luftperspective* der Maler.

5. Hiermit zusammenfallend ist die Deutlichkeit der kleinsten Theile, indem wir durch Uebung wissen, daſs diese bei gröſserer Entfernung ganz verschwinden.

6. Endlich bestimmen wir sowohl die Entfernung als auch die Gröſse der verschiedenen Objecte nach der mehr oder minder bekannten Gröſse und Entfernung derjenigen Gegenstände, welche sie umgeben. Ein einzelner entfernter Kirchthurm in einer weiten Ebene scheint daher näher, als wenn mehrere Oerter dazwischen liegen, und entfernter, als wenn irgend ein Gegenstand die zwischenliegenden Räume verdeckt; die Sonne im Horizonte scheint entfernter als im Zenith, und daher bei gleichbleibendem optischen Winkel auch gröſser, überhaupt aber die Entfernung des Himmelsgewölbes im Horizonte drei- bis viermal gröſser, als im Scheitel, und bildet somit nach Smith und Lambert [1] eine nach der Muschellinie gekrümmte Figur.

Hierzu mögen noch wohl andere minder allgemeine Mittel kommen, und weil die verschiedenen Personen bald das eine bald das andere mehr und besser anwenden und anzuwenden sich geübt haben, so fallen die Urtheile über Gröſse und Entfernung so verschieden aus.

Durch die individuelle Einrichtung des Auges und die Gesetze des Sehens wird ferner sowohl der optische, als auch der scheinbare Ort der Gegenstände bedingt. Unter dem ersteren, dem *optischen Orte* (*locus opticus*; lieu optique) versteht man denjenigen Ort einer, hinter einem gesehenen Objecte gelegenen Fläche, auf welche man das letztere projicirt. Ist c der Fig. 220.
gesehene Gegenstand, DE die hinter ihm gelegene Fläche, in A das Auge, so ist a der optische Ort des Objectes c. Verändert das Auge seinen Platz, und kommt z. B. nach B, so wird da-

1 Beiträge. I. §. 60 — 78.

durch der optische Ort von c verändert, kommt nach b, und ab heiſst dann die Parallaxe. Kann das Auge den Abstand der Fläche vom Gegenstande nicht wahrnehmen, so setzt es das Object in die Fläche selbst, der optische Ort wird dadurch zum scheinbaren, und die Sache gehört unter die *Gesichtsbetrüge.* Auf diese Weise setzen wir scheinbar die Gestirne an das Himmelsgewölbe. Bewegt sich das Auge, z. B. von A nach B, so muſs auch das Object c oder die Ebene DE sich zu bewegen scheinen [1], welches gleichfalls unter die Gesichtsbetrüge gehört.

Der scheinbare Ort (locus apparens; lieu apparent; *Situation or Place of visible objects)* dagegen heiſst derjenige Ort, an welchen man in Gemäſsheit des Urtheils über das gesehene Object oder dessen Bild die Gegenstände zu setzen pflegt. Der optische Ort ist also nur dann auch der scheinbare, wenn man den Abstand der hinteren Fläche von dem gesehenen Objecte nicht wahrnimmt.

Denkt man sich in derjenigen Richtung, in welcher die Lichtstrahlen vom Gegenstande ins Auge kommen, eine Linie aus dem letzteren verlängert bis in diejenige Entfernung, in welcher man den gesehenen Gegenstand zu sehen glaubt, so trifft diese in seinen scheinbaren Ort. Wenn die Lichtstrahlen daher in gerader Richtung vom Objecte das Auge treffen, so irret man um so weniger bei der Bestimmung des wahren Ortes, oder es wird um so sicherer der scheinbare Ort zum wahren, je richtiger das *Augenmaſs* des Sehenden ist. Bei sehr entfernten Gegenständen ist es aber oft der Fall, daſs man sie in den Horizont selbst setzt, und somit den optischen Ort zum scheinbaren und zum wahren macht. Kommen die Lichtstrahlen von einem Objecte directe ins Auge, so ist es überhaupt leicht, den Ort desselben zu bestimmen. Ungleich schwerer und meistens unmöglich ist dieses, wenn man statt dessen bloſs das Bild sieht, weſswegen auch nur durch anhaltende Uebung eine Fertigkeit erlangt wird, nach dem letzteren den wirklichen Ort des Objectes zu bestimmen. Wer daher gewohnt ist, vor einem Spiegel gewisse Verrichtungen an sich selbst vorzunehmen, z. B. Rasiren, Frisiren u. dergl., der wird hierbei leicht jeden Ort an sich, den er früher oft berührte, aus dem gesehenen Bilde richtig bestimmen lernen, bei andern ungewohnten Verrichtungen aber,

1 Vergl. *Bewegung, scheinbare.* Th. I. S. 915.

z. B. beim Stutzen der Haare mit einer Scheere oder dem Berühren einer gesehenen Stelle mit einem Instrumente meistens das Gesuchte verfehlen, vorausgesetzt, dafs er sich eines ungewohnten Instrumentes bedient, und nicht, ohne Rücksicht auf das gesehene Bild, dem gewohnten Gefühle folgt [1].

Mehrere Geometer nach KEPLER nahmen an, der scheinbare Ort eines nach der Reflection oder Refraction gesehenen Objectes sey da, wo die aus dem Auge verlängerten Lichtstrahlen den Perpendikel vom Objecte auf die brechende oder reflectirende Ebene treffen. Dieses pafst allerdings für Planspiegel, und trifft auch in vielen andern Fällen, wefswegen die Regel für allgemein gültig angesehen wurde. Inzwischen ist sie weniger deutlich, als die schon von KEPLER [2] für die scheinbare Entfernung angegebene Bestimmung, wonach man den Gegenstand oder dessen Bild dahin setzt, wo die Augenaxen verlängert sich schneiden. Oder wenn man mit einem Auge sieht, in die Spitze des Lichtkegels, dessen Basis die Pupille ist. Später suchte BARROW [3] die hierbei zu berücksichtigenden Gesetze genauer anzugeben, indem er annahm, jeder Punct eines Objectes oder seines Bildes werde dahin gesetzt, von wo aus die Lichtstrahlen ohne zwischenliegendes brechendes oder reflectirendes Mittel ausgehen. Dieses weiter verfolgend, suchte er zu bestimmen, wo die von den sämmtlichen Puncten eines Objectes ausgehenden Strahlen, welche nach der Brechung und Reflection ins Auge treffen, sich hinter das reflectirende Mittel rückwärts verlängert schneiden, indem er mit Kepler diesen Punct, oder die Spitze des vom Auge ausgehenden Lichtkegels, als den scheinbaren Ort jedes Punctes im Bilde angab, dessen Form hiernach zugleich von ihm angegeben wurde. Für Bilder ebener spiegelnder Flächen ist diese Regel allerdings zutreffend, und es lassen sich auch die durch krumme spiegelnde Flächen erzeugten Bilder nach derselben construiren, welches aber allerdings schwieriger ist [4]. BARROW selbst fand einen Einwurf gegen seine Theorie in folgender Erscheinung. Wenn ein Ob-

1 Vrgl. *Bild.* Th. I. S. 973.

2 Paralip. p. 59.

3 Lectiones opticae Lond. 1674. 4.

4 S. *Bild.* Vergl. KAESTNER de objecti in speculo sphaerico visi magnitudine apparente. Com. Nov. Soc. Gott. VIII. ad an. 1777.

ject hinter dem Focus einer biconvexen Linse ist, das Auge dicht an derselben, so erscheint es verwirrt, aber an seiner eigentlichen Stelle. Entfernt man das Auge, so wird das Bild verworrener, kommt aber näher, und wenn das Auge nahe beim Focus ist, so nimmt die Verworrenheit zu, das Object aber erscheint ganz nahe am Auge.

Berkeley [1] nahm zuerst die Barrow'sche Theorie in Schutz, und suchte letztgenannte Einwendung zu beseitigen, indem er zeigte, dafs die Kreise, welche die nicht zum Bilde vereinigten Lichtstrahlen auf der Retina erzeugen, die nämliche Undeutlichkeit herbeiführen, sie mögen sich vor oder hinter derselben vereinigen, weswegen das Urtheil der Seele in beiden Fällen das nämliche ist, ohne Rücksicht des Ortes, von wo aus die Strahlen kommen, so dafs also in dem vorliegenden Falle, worin die Undeutlichkeit mit der Entfernung des Auges vom Glase wächst, das Bild unserer Vorstellung nach näher kommt, weil die wachsende Undeutlichkeit hiermit verbunden zu seyn pflegt. Hiergegen erinnert Smith [2], dafs alle undeutlich durch Gläser gesehene Gegenstände näher zu seyn scheinen müfsten, was gegen die Erfahrung streite, vielmehr scheine das Object dem Auge näher, weil es scheinbar gröfser werde [3]. Dieses streitet aber gleichfalls gegen die Erfahrung, indem die geraden Bilder im Hohlspiegel gröfser und entfernter, im convexen aber kleiner und näher scheinen, beides, mit Barrow's Theorie übereinstimmend. Aufserdem erinnert Montücla [4], dafs erhabene Gläser den Rand eines Tisches entfernter zeigen, so dafs man unter ihn fährt, wenn man denselben schnell mit der Hand berühren will.

Barrow's Meinung ist später vertheidigt von Bouguer [5], vollständiger und besser aber von Kraft [6], und man kann sie

1 Essay toward a new theory of vision. Dublin 1709. 8. p. 30.

2 Optik. p. 398 u. 401.

3 Ohne Zweifel wirken beide Ursachen bei diesem interessanten Phänomene gemeinschaftlich, indefs erhält das Auge überhaupt ein so verworrenes, und den gewöhnlichen, deutlich gesehenen, so unähnliches Bild, dafs es schwer ist, über den Ort desselben zu urtheilen.

4 Hist. des Mathem. II. P. IV. L. 9. c. 2.

5 Traité d'Optique. p. 104.

6 Com. Petrop. XII. 252.

in ihrem wesentlichen Theile füglich als die passendste ansehen, wenn man bloſs in Beziehung auf die Operationen des gesunden Auges und des Urtheils der Seele über das Gesehene annimmt, daſs das Object oder das Bild allezeit in die verlängerte Augenaxe gesetzt wird, mit Rücksicht auf die Mittel, deren man sich zur Bestimmung der Entfernung bedient.

Es ist somit also klar, daſs im Auge selbst, und in der Art, wie durch das einfallende Licht ein Bild in demselben erzeugt wird, die Bedingungen allerdings enthalten sind, über die Anordnung, Gröſse, Gestalt, Entfernung und übrigen Beschaffenheiten der gesehenen Objecte Begriffe zu erhalten, daſs diese letzteren aber nicht unmittelbar gegeben werden, sondern zugleich auf Urtheilen und Schlüssen beruhen, welche wiederum die Eindrücke anderer Sinne zur Grundlage haben. Insbesondere werden die Eindrücke durch das Auge mit denen durch Betastung und durch wirkliche Messungen erhaltenen von frühester Kindheit an so oft und anhaltend in Verbindung gesetzt, daſs beide, uns unbewuſst, in einander übergehen, und wir mit jedem Gesehenen zugleich ein Urtheil über Gröſse, Entfernung und Beschaffenheit verbinden. Vermuthlich beruhet hierauf der natürliche Trieb der Kinder, alles was sie sehen, zu betasten, welcher auch bei Erwachsenen zuweilen bleibt [1], und wodurch allmälig eine unglaubliche Fertigkeit, nach dem im Auge hervorgebrachten Bilde oder durch den Anblick der Gegenstände über ihre eigentliche Beschaffenheit zu urtheilen, erlangt wird. Die durch anhaltende Uebung, verbunden mit wirklichen Messungen erhaltene Fertigkeit und Sicherheit dieses Urtheils nennt man *Augenmaſs*, welches sonach bei einigen Menschen feiner und sicherer seyn muſs, als bei andern. Baumeister z. B. schätzen Gebäude und ihre Theile nach dem bloſsen Anblick sehr richtig, Feldmesser und Militairpersonen bestimmen Entfernungen genau, und so haben auch Forstmänner, Jäger und Handwerker eine groſse Fertigkeit, über diejenigen Gegen-

1 Man darf es daher so übel nicht nehmen, wenn viele Personen die vorgezeigten Instrumente (nicht selten zum groſsen Verdruſs der Physiker) zu betasten pflegen. Ein Holländer soll indeſs über sein Cabinet geschrieben haben: *Mit den Augen Dich ergötze, mit den Händen nichts verletze.*

stände genau zu urtheilen, womit sie sich oft und anhaltend mit Interesse beschäftigen. Einem scharfen und genauen Augenmaſse steht ein schlechtes und unrichtiges entgegen.

So richtig indeſs in den meisten Fällen auch das Urtheil über das Gesehene ist, so finden dennoch eine groſse Menge sogenannte *Gesichtsbetrüge, Augentäuschungen, optische Täuschungen; fallaciae opticae, fallaciae visus*; Illusions optiques statt, deren Ursache, obgleich im falschen Urtheile über das Gesehene liegend, dennoch mit der unmittelbaren Empfindung des Sehens verwechselt, und sonach dem Gesichte selbst als Betrug beigemessen wird [1]. Eine groſse Menge von Gesichtsbetrügen liefert der Anblick der himmlischen Körper, indem wir diese nach den bei irdischen Gegenständen abstrahirten Regeln beurtheilen. Daher halten wir z. B. die Gestirne für gleich entfernt, Sonne und Mond für nahe gleich groſs und beide für flache Scheiben, auch legen wir den Himmelskörpern Bewegung bei, weil sie ihren Ort gegen das Auge verändern, und dieses bei irdischen Objecten eine Bewegung beweiset.

Keiner unter den zahlreichen Gesichtsbetrügen ist so vielfach beachtet und beurtheilt, als derjenige, daſs die scheinbare Gröſse der Sonne und des Mondes beim Auf- und Untergange derselben vermehrt wird. Ptolemaeus [2] und sein Commentator Theon leiteten das Phänomen von den Dünsten in der Luft ab, Alhazen aber, und nach ihm Baco, Vitellio, Kepler, Pekham u. a. erklärten dieses, und die im Zenith plattgedrückte Form des Himmels daraus, daſs im Horizonte zu der Entfernung der Gegenstände der Halbmesser der Erde zugesetzt würde. Hobbes führte dieses weiter aus, irrte aber dabei, indem er aus dieser Gröſse, als einer wirklichen, die Gestalt des Himmels ableitete. Cartesius und nach ihm Wallis, Logan [3] u. a. finden die Ursache in der Menge der zwischenliegenden Gegenstände, wonach wir die Entfernung gröſser schätzen, als sie ist, und daher das Object bei unverändertem Gesichtswinkel für grö-

1 Kant Anthropologie. S. 31.
2 Almagest. I. cap. 3.
3 Phil. Trans. XXXIX. 404.

ſser halten [1]. Diesem pflichten Gregory [2], Malebranche [3] und Huygens [4] bei. Hiergegen erinnerten Gouge [5] und Molineux [6], daſs diesemnach beide Himmelskörper uns gröſser erscheinen müſsten, wenn wir neben Häusern, hohen Thürmen oder Bergen hinauf sie erblickten; auch könnte das Phänomen auf dem freien Meere nicht stattfinden. Sie leiten dasselbe daher von den Dünsten ab, die den optischen Winkel vergröſsern sollen, welche Meinung Sam. Dunn [7] durch verschiedene Beobachtungen und Versuche zu beweisen bemüht war. Hiergegen streitet indeſs die Erfahrung, daſs die Vergröſserung sogleich verschwindet, wenn man durch ein gemeines Rohr oder nur durch ein Loch in einer Karte, oder auch durch ein geschwärztes Glas [8] sieht, indem durch jedes dieser Mittel die Augentäuschung auf eine interessante Weise sogleich verschwindet. Gassendi meint, bei wenigerem Lichte sey die Pupille weiter, erhalte daher einen gröſseren optischen Winkel, und sehe diesemnach din Gegenstände auch vergröſsert. Perkeley sah die Erscheinung als eine unmittelbare Wirkung des geringeren Lichtes und des schwächeren Glanzes an [9]. Desagüliers [10] endlich und vorzüglich Smith [11] suchen die Sache deutlich zu machen, und aus der eingedrückten Gestalt des Himmelsgewölbes abzuleiten, wonach sie auch damit in Verbindung steht, daſs uns die Höhenwinkel nahe am Horizonte viel höher erscheinen, als sie wirklich sind. Hat nämlich das Himmelsgewölbe die Gestalt eines Kreissegmentes abc, so muſs jede Gröſse nahe am Horizonte vermehrt erscheinen [12]. Die eigentliche Erklärung des Phänomens kann nicht schwierig seyn, wenn man überlegt, daſs Fig. 221.

1 S. Priestley Gesch. d. Opt.

2 Geometria. Pars. universalis. p. 141.

3 Recherche de la Verité. Part. I.

4 Smith Opt. Art. 536.

5 Phil. Trans. abridg. III. 365.

6 Acad. des Sc. 1700. p. 11.

7 Phil. Trans. LII. 462.

8 Biot Astron. phys. I. 35.

9 Robins math. Tracts. II. 242. ff. wo noch mehrere Meinungen angeführt werden.

10 Ebend. 245.

11 Optics. I. 63. Remarks. p. 53. Vergl. *Himmel.*

12 Vergl. Priestley Gesch. d. Opt. S. 504. Hutton Dict. II. 15.

wir die scheinbare Gröſse der Gegenstände nach dem optischen Winkel und zugleich aus der Entfernung bestimmen, welche von uns aber bei den Himmelskörpern im Horizonte sowohl wegen des bekannteren, und daher gröſser scheinenden zwischenliegenden Raumes, als auch wegen der geringeren Helligkeit derselben gröſser geschätzt wird, weswegen ihre Gröſse selbst vermehrt erscheinen muſs [1]. Hiernach ist die Sache selbst nicht auffallender, als daſs uns ein erwachsener Mensch, des veränderlichen optischen Winkels ungeachtet, in jeder Entfernung gleich groſs erscheint.

Auch bei irdischen Dingen sind die Gesichtsbetrüge so häufig, daſs es unmöglich wäre, sie alle anzuführen. So finden wir z. B. in späteren Zeiten Häuser, Zimmer und sonstige Gegenstände, deren wir uns den Zeiten unserer Kindheit erinnern, viel kleiner, als unsere erinnernde Vorstellung sie angiebt, und Objecte, welche wir aus groſsen Höhen oder Tiefen beobachten, scheinen uns ungewöhnlich klein, weil wir sie für näher halten, als sie wirklich sind. Jurin [2] sagt: „Man lasse einen Knaben, welcher nie auf einem hohen Gebäude gewesen ist, die Spitze des Monuments in London besteigen, so werden ihm die Menschen und Pferde auf der Gasse merkwürdig klein vorkommen. Nach zehn oder zwanzig Jahren, wenn er oft auf solchen Höhen gewesen ist, werden sie ihm nicht mehr so klein erscheinen, und sähe er oft von solchen Höhen herab, so würde er keinen Unterschied zwischen diesen und denen aus dem Fenster des ersten Stockes gesehenen wahrnehmen.“ Sehr weit entfernte Gegenstände erscheinen uns nach Bouguer [3] stets kleiner, als sie sind, weil uns die Mittel des Augenmaſses fehlen. Jede horizontale Ebene, worauf wir uns befinden, z. B. die Fläche des Meeres, scheint sich in der Entfernung zu erheben. Fährt man insbesondere schnell auf einer völlig ebenen Straſse, so glaubt man, sie habe eine beträchtliche Elevation, und jeder Berg scheint steiler als er ist, insbesondere wenn man ihn von einer Höhe herab betrachtet, denn in diesem Falle erscheinen ferne Ebenen, vorzüglich stark beleuchtete, als Landstraſsen und dgl. fast lothrecht. Letztere auffallende Augentäuschung läſst sich leicht er-

1 Biot a. a. O.

2 Priestley Gesch. d. Opt. S. 897.

3 Mém. de Par. 1755. p. 156.

klären. Befindet sich nämlich der Beobachter auf einem Berge A, und sieht von der fernen horizontalen Ebene die Puncte a, b, c.., so liegen zuerst die von diesen ausgehenden, in das Auge O fallenden Linien über einander, dann schätzen wir weit entlegene Gegenstände näher, als sie sind, und sehen daher die Linie abc als die Basis eines gleichschenklichen Dreiecks mit den äufsersten, in das Auge fallenden Lichtstrahlen aO; cO an, weil uns entfernte Gegenstände gewöhnlich so erscheinen, woraus die Täuschung leicht erklärlich ist. Aus eben dem Grunde scheinen lothrechte, hohe Gebäude dem nahe stehenden Beobachter, insbesondere aber wenn derselbe auf einer horizontalen Ebene auf dem Rücken liegend sie ansieht, überhängend. Fig. 222.

Betrachtet man ein Stück Geld oder ein Pettchaft durch ein Mikroskop, so scheinen die Erhabenheiten in der Regel vertieft, und die Vertiefungen erhaben. Dieser Gesichtsbetrug, welchen schon Jablot [1] und P. F. Gmelin [2] erwähnen, Rittenhouse [3] aber weitläufig erläutert, wird als Folge des verkehrt auffallenden Lichtes angesehen. Letzterer meint daher, die Täuschung würde wegfallen, wenn man reflectirtes Licht, also gleichfalls umgekehrtes auffallen lasse, allein dieses ist nicht der Fall. Das Phänomen zeigt sich leicht und sicher, schon mit einer gemeinen Loupe, allein die Erklärung ist schwierig. Neuerdings ist diese optische Täuschung abermals weitläuftig untersucht [4], und bemerkt, dafs sie am auffallendsten zum Vorschein kommt, wenn man eine Gemme oder Kamee durch die Ocularröhre eines Fernrohrs betrachtet. Hierauf ist dann auch die sehr ausführliche Erklärung gegründet, welche mitzutheilen ich deswegen Anstand nehme, weil der Umstand nicht berücksichtigt ist, dafs die Erscheinung sich schon dann zeigt, wenn man ein gewöhnliches Pettschaft bei wenigem Lichte durch eine gemeine Loupe ansieht. Mir scheint unter andern der Grund der Täuschung darin zu liegen, dafs die hervorstehenderen, mehr beleuchteten und helleren Theile wegen des gleichbleibenden optischen Winkels in gröfsere Fernen gesetzt, die vertieften dunkleren aber näher gerückt werden, welches mit anderen be-

1 Description de plusieurs nouveaux microscopes 1712.

2 Phil. Trans. 1747.

3 Transact. of the Americ. philos. Society. 1786. II.

4 Edinb. Journ. of Science. VII. 99.

kannten Täuschungen zusammenfällt. Indefs gebe ich zu, dafs die Erklärung dennoch immer etwas unvollständig bleibt. Weniger ist dieses der Fall bei demjenigen Gesichtsbetruge, dessen Abat [1] gedenkt. Wenn man nämlich eine mit Wasser gefüllte Flasche in einem Hohlspiegel betrachtet, so scheint der leere Theil gefüllt und umgekehrt. Wendet man aber die Flasche um, und läfst sie auslaufen, so scheint sie sich zu füllen, beides weil man nicht gewohnt ist, das Wasser oben in der Flasche und die Luft unten zu sehen. Hierher gehören auch die verschiedenen Bewegungen entfernter Gegenstände, entweder mit uns gemeinschaftlich, wenn wir uns unserer Bewegung bewufst sind, indem sie ihre Lage gegen das Auge und die nächsten Gegenstände unmerklich ändern, z. B. des Mondes, entlegener Thürme u. dgl., oder allein, wenn wir zu ruhen scheinen, z. B. der Hecken und Ufer vom Schiffe herab gesehen, u. dgl. m. [2]. Steht jemand auf einer Brücke und sieht stromaufwärts auf das stark bewegte Wasser, vorzüglich beim Eisgange, so scheint zuletzt der Strom zu ruhen, und die Brücken sich gegen ihn zu bewegen.

Der *Eindruck des Lichtes auf die Retina* dauert einige Zeit, und diesemnach scheint oft ein bewegter Körper an mehreren Orten zugleich zu seyn. Daher gleicht der Blitz einem Strahle, und eine Kohle, schnell in einem Kreise geschwungen, bildet einen zusammenhängenden Kreis, weil der Lichteindruck, welchen das Auge beim Anfange ihrer Bewegung im Kreise erhielt, noch fortdauert, wenn sie sich schon am Ende desselben befindet. Die Erscheinung selbst ist schon früh beobachtet und bald richtig erklärt [3], namentlich durch Newton [4], welcher die Zeitdauer des Eindrucks zu einer Secunde angab. Genauere Versuche wurden nachher angestellt von Segner [5] und d'Arcy [6], wovon ersterer 30 Tertien, letzterer 8 Tertien als längste Dauer

1 Amusements philosophiques p. 242.

2 Porterfield on the eye II. 122. Priestley Gesch. d. Opt. S. 501.

3 Haller Adnot. ad Boerhavii Praelect. acad. adn. 2. §. 541. Elem. Physiol. V. 480.

4 Opt. qu. 16.

5 De raritate luminis. Gott. 1740.

6 Mém. de Par. 1765. p. 450. Die Angabe d'Arcy's von huit tierces ist von einigen mifsverstanden, und für $\frac{8}{3}$ Secunden genommen.

des Lichteindruckes annimmt. Cavallo [1] glaubt nur 6 Tertien annehmen zu müssen. Die neuesten Versuche sind von Parrot [2], wonach die Dauer des Eindrucks 15 Tertien beträgt, wenn eine Kohle in einem dunkelen Zimmer geschwungen wird, und 6,8 F. in einer Secunde durchläuft, aber nur 10 Tertien, wenn sie im hellen Zimmer geschwungen wird, und 10 F. in einer Secunde durchläuft. Auf allen Fall ist der Eindruck dauernd genug, um die Gestalt des Blitzstrahls, der Feuerkugeln und Sternschnuppen und andere Phänomene daraus zu erklären, auch lieſse sich die Geschwindigknit solcher schnell bewegter leuchtender Massen, namentlich des Blitzes, durch dieses Mittel messen, wenn die Zeit der Dauer des Lichteindrucks selbst genau bestimmt wäre. Erschöpfende Versuche müſsten indeſs zugleich den normalen und abnormen, den gesunden und kranken Zustand der Augen mit berücksichtigen.

Aus der Bestimmung der Dauer des Lichteindrucks auf das Auge in Verbindung mit der oben angegeben Gröſse des Gesichtswinkels läſst sich erklären, warum manche sehr langsame Bewegungen nicht wahrgenommen werden. G. G. Schmidt [3] wählt, um dieses deutlich zu machen, das Beispiel, daſs die Sterne, selbst im Aequator, wo ihre Bewegung am schnellsten ist, dennoch stillzustehen scheinen. Setzt man nämlich die Dauer des Lichteindrucks im Auge hoch auf 0,5 Sec., so durchläuft der Stern in dieser Zeit einen Bogen von nur 5 Sec. und da dieser kleiner ist, als der kleinste Gesichtswinkel für ein räumliches Object, so scheint er still zu stehen. Wird der Stern dagegen durch ein Fernrohr mit nur 10facher Vergröſserung betrachtet, so beträgt der Gesichtswinkel 50 Sec. und seine Bewegung wird, jedoch mit Mühe und kaum wahrgenommen, erscheint aber um so schneller, je gröſser die Vergröſserung ist, die man anwendet. Hierbei kommt indeſs der lebhafte Lichteindruck des Sternes auf das Auge in Betrachtung, denn bei der Beobachtung der Bewegung des Minutenzeigers einer Taschenuhr erhielt Schmidt ein anderes Resultat. Diese nahm derselbe nämlich bei der Anwendung einer zehnfachen Vergröſserung so eben wahr. Indem aber die Länge

1 Naturlehre, übers. von Tromsdorf. III. S. 132.

2 Entretiens sur la Physique par G. F. Parrot. VI Tom. 8. Dorpat 1819—24. III. 235.

3 Hand- und Lehrbuch der Naturlehre. Gieſs. 1826. 8. S. 471.

des Zeigers 4,5 Par. Lin. betrug, und der Sehwinkel einer Abtheilung desselben (für 10 Z. Abstand des deutlichen Sehens beim Beobachter) 13,5 Min. ausmachte, so war die Bewegung desselben in einer Secunde = 13,5 Sec. scheinbar, und mit 10facher Vergröſserung 135 Sec. oder 2 Min. 15 Sec. Inzwischen kommt bei dieser, allerdings sinnreichen Methode, die kleinsten Bewegungen zu messen, vieles, namentlich die Gesichtsschärfe und die Erleuchtung des beobachteten Gegenstandes, in Betrachtung, weswegen auch die beiden mitgetheilten Angaben so sehr von einander abweichen. Um die letztere zu prüfen, beobachtete ich selbst den Minutenzeiger meiner Taschenuhr, welcher 9,1 Lin. lang und stahlblau sich auf einem blendend weiſsen Zifferblatte bewegt. So lange er sich über dem letzteren bewegte, konnte ich das Fortrücken desselben mit unbewaffnetem Auge und bei einer Gesichtsweite von 8 Z. wahrnehmen, jedoch schien er still zu stehen, wenn er sich über einem schwarzen Theilstriche befand, so daſs also diese Bewegung als die Grenze derjenigen anzunehmen ist, welche mein Auge noch wahrnehmen kann. Man darf also jene angegebene Gröſse von 13,5 Sec. nur verdoppelen und im Verhältniſs von 10 : 8 nehmen, um für mein Auge den kleinsten optischen Winkel von nahe 34 Sec. zu erhalten [1], welcher indeſs unter minder günstigen Bedingungen, namentlich wenn das Messen des Abstandes der Zeigerspitze zwischen den beiden Minutenstrichen wegfiele, nicht so klein ausfallen würde. Hieraus erklärt es sich auch, warum die Bewegung der Sterne im Fernrohre bei einem optischen Winkel von 50 Sec. sichtbar wird, nämlich theils wegen des starken Lichtes derselben im verhältniſsmäſsig dunkelen Raume, theils weil das Gesichtsfeld des Fernrohres etwas erleuchtet, seine Umgebung wegen des inwendig schwarzen Rohres aber völlig dunkel ist, und auf diese Weise also der veränderliche Abstand des Sterns von dem Rande des Gesichtsfeldes gemessen werden kann.

So wie der Lichteindruck auf das Auge eine gewisse Zeit dauert, so erfordert derselbe gleichfalls eine verschwindend kleine Zeit, bis er vom Auge deutlich empfunden wird. Ist daher die Bewegung zu schnell, so verschwindet zuerst die Form des Körpers zunehmend mehr und mehr, und endlich verschwindet

1 Die genauere Berechnung giebt 34″ 50‴.

der Körper selbst wenn er dunkel ist, läſst aber bloſs den Eindruck seiner Bahn zurück, wenn er selbstleuchtend ist. Das Verschwinden der Formen kann man schon wahrnehmen, wenn man sich schnell herumdrehet, in welchem Falle zwar die umgebenden Objecte, aber nicht ihre Gestalten erkannt werden, vom gänzlichen Verschwinden der Körper giebt die Unsichtbarkeit der geschossenen Kugeln ein überzeugendes Beispiel. G. G. Schmidt [1] suchte für beides die Grenze zu finden, indem er einen in 4 weiſse und schwarze Felder eingetheilten Würfel von 1 Quadratzoll Fläche an einem Haspel befestigte, letzteren schnell, aber regelmäſsig, umdrehen lieſs, und den Würfel aus 28,5 Z. Entfernung betrachtete. Hierdurch ergab sich, daſs für das Erstere die Winkelgeschwindigkeit in 1″ Zeit 198° 51′ und für das zweite 265° 8′ betrug. Das Erzeugen einer leuchtenden Bahn zeigt sich beim Umschwingen einer glühenden Kohle, beim Blitzen u. s. w.

Aus der Zeitdauer des Lichteindrucks im Auge wird auch eine artige optische Spielerei erklärlich, welche durch einen gewissen Dr. Paris erfunden seyn soll [2], und *Thaumatrop* (von *θαῦμα* Wunder und *τρέπω* ich wende, engl. *wonderturner)* genannt ist. Unter den zahllosen Abänderungen dieser ganz sinnreichen Spielerei wird es genügen, nur eine einzige zu beschreiben. Man schneidet aus Chartenpapier, oder auch dünnem Elfenbein, eine Scheibe von einem Z. bis 2,5 Z. Durchmesser, zeichnet auf die eine Seite eine beliebige Figur, z. B. einen Vogelbauer, und auf die andere, wenn man dieselbe um eine mitten durch die Ebene derselben gehende horizontale Axe gedrehet hat, eine correspondirende, z. B. einen Vogel. In dieser Axe werden dann zwei, an beiden Seiten etwas hervorstehende Fäden A und B befestigt und zwischen den Fingern beider Hände schnell herumgedrehet. Indem sonach der Eindruck der Zeichnung auf der einen Seite so lange fortdauert, bis auch das Bild der entgegengesetzten gesehen ist, so vereinigt die Vorstellung beide Bilder in eins, und der Vogel scheint im Käfig zu sitzen. Das Umdrehen an den beiden Fäden bewirkt übrigens ein Schlottern, und eine damit verbundene Unstetigkeit der

Fig. 223.

1 a. a. O. S. 472.

2 Edinb. Journ. of Science. Nr. VII. 87.

Bilder. Um dieses zu vermeiden, schlägt Brewster vor, die Enden der Axe aus einem starren Körper zu verfertigen, und außerdem muſs die Axe, um welche die Scheiben gedrehet werden, genau durch den Mittelpunct der Scheiben gehen. Sonach scheint es mir am besten, die Thaumatrope von Elfenbein zu verfertigen, oder von Blech mit aufgeklebtem Papiere, die zum Umdrehen bestimmten Enden der Axe aber in beiden Fällen aus der Masse der Scheiben bestehen zu lassen. Veränderungen der Zeichnungen lassen sich übrigens unzählige angeben, z. B. Auf der einen Seite der untere Theil eines Hauses, auf der andern das Dach, oder der Stamm eines Baumes und die Krone, der Rumpf eines Menschen und der Kopf u. s. w.

Endlich beruhet auf diesem nämlichen Grunde die Erklärung einer optischen Täuschung, welche gewiſs vielfach wahrgenommen erst neuerdings beachtet und namentlich durch Roget [1] genau und vollständig dargestellt ist. Wenn man durch ein Gitter von horizontalen, am besten schwarzen, nicht weiter von einander entfernten, Stäben, als daſs mindestens drei auf die Länge einer Radspeiche gehen, ein um seine Axe gedrehetes und zugleich in horizontaler Richtung bewegtes Wagenrad betrachtet, oder wenn das Rad um seine Axe gedrehet und das Gitter in horizontaler Richtung bewegt wird, so erscheinen die zwei Speichen, welche ganz zwischen die Oeffnung der Stäbe fallen, gerade, alle übrigen aber nehmen die in der Zeichnung aus-
Fig. 224. gedrückte Krümmung an. Die Erscheinung tritt erst ein, wenn die Bewegung des Rades eine gewisse Geschwindigkeit erreicht hat, dann aber ist die Krümmung auch bei zunehmender Geschwindigkeit sich stets gleich bleibend, jedoch darf die letztere nicht so groſs werden, daſs die Unterscheidung der einzelnen Speichen verschwindet, auch sind die beiden angegebenen vereinten Bewegungen nothwendig, wenn das Phänomen eintreten soll. Roget construirt dann die Erscheinung sehr einfach geometrisch. Ist nämlich die Bewegung des Rades in der Richtung
Fig. 225. P Q und findet zugleich eine Rotation um die Axe O statt, bezeichnen ferner die Linien A; B; C; die Richtungen, in denen die Orte, welche die einzelnen Theile der Speichen optisch einnehmen, durch die Zwischenräume der lothrechten Stäbe

1 Phil. Trans. 1825. I. p. 131. Vergl. Quarterly Journ. of Science. X. 282.

gesehen werden, stellen RO und OY zwei einander diametral gegenüberstehende Speichen vor, welche bei der Bewegung durch die Räume A_1; B_2; C_3.... in die Lagen αO; βO; γO..... kommen, dauert endlich der Lichteindruck des Speichentheiles auf das Auge in seiner Lage bei R so lange fort, bis der nächste Theil der Speiche bei a, der nächste bei b, der nächste bei c..... gesehen wird, so muſs die Speiche diejenige Krümmung erhalten, welche durch die Intersectionspuncte gegeben wird, also die Figur der Curve R; a; b; c.... annehmen. Indem auf der andern Seite des Rades der nämliche Fall, jedoch die Richtung betreffend entgegengesetzt, eintritt, so folgt, daſs in VW die Speichen gerade, auf beiden Seiten aber entgegengesetzt gekrümmt erscheinen müssen. Die gebildete Curve ist nach Roget die *Quadratrix* des Dinostratus, und da das Maximum der Geschwindigkeit in den Bewegungen des Rades dadurch bedingt wird, daſs die Sichtbarkeit der einzelnen Speichen nicht verschwinden darf, eben daher aber bei gröſserer Nähe der Stäbe die Intersectionspuncte früher eintreten und somit weniger tief herabsinken, so folgt hieraus, daſs die scheinbare Krümmung der Speichen unter verschiedenen Bedingungen der Geschwindigkeit der Bewegung und Nähe der Stäbe unverändert bleibt. Es scheint mir nicht, daſs irgend ein Umstand des Phänomens nach dieser Darstellung unerklärt bleibe.

Hiermit zusammenhängend sind die zahlreichen Erscheinungen des *Nachempfindens* beim Sehen. Die einfachsten derselben liegen überall zu nahe, um übersehen zu werden, und wurden auch schon von Peiresc [1] im Jahre 1634 beachtet, welcher erzählt, daſs die Form seiner papiernen Fenster im verschlossenen Auge bleibe, u. z. das Gitterwerk dunkel, die Säulen hell, daſs aber umgekehrt die Sprossen hell und das Gitterwerk dunkel erscheine, wenn er sogleich gegen eine mäſsig erhellte Wand blicke. Wichtiger und umfassender ist der Versuch, welchen Athan. Kircher [2] durch Bonacursius kennen lernte. Letzterer behauptete in einer Unterredung mit ihm, er könne bewirken, daſs man im Dunkeln eben so gut sähe, als im Hellen. Man solle nämlich in einem finstern Zimmer ein

1 Vita p. 296.

2 Ars. magn. p. 762. Priestley Gesch. d. Opt. S. 96.

kleines, den hellen Sonnenstrahlen ausgesetztes Loch in einem Fensterladen machen, dieses mit dünnem Papiere überkleben, worauf beliebige Figuren gezeichnet wären, dasselbe eine Zeitlang scharf betrachten, dann plötzlich bedecken, so werde man auf einem vorgehaltenen weifsen Papiere zuerst allerlei Figuren, zuletzt aber genau die im Fensterladen gezeichneten gerade oder umgekehrt erblicken. Kircher giebt die Sache für sehr wichtig aus, und meint, das Auge wirke hierbei wie ein bononischer Stein.

Seitdem sind diese oder ähnliche Versuche mehrfach wiederholt, z. B. von Mariotte [1], Porterfield [2], Büffon [3] u. a. und es ist allgemein bekannt, dafs nach anhaltendem Betrachten eines hell erleuchteten, noch mehr aber eines selbstleuchtenden Körpers, vorzüglich der Sonne, ein verändertes Bild des Gesehenen oft lange dauernd im Auge bleibt. Man richtete daher die Aufmerksamkeit mehr auf die zugleich entstehenden subjectiven Farben, wie dieses namentlich durch Büffon, d'Arcy, Franklin, Beguelin, Darwin u. a. [4] geschehen ist. Letzterer vorzüglich hat zugleich auch die übrigen entstehenden Bilder beachtet [5], und theilt die entstehenden Spectra in vier Classen: 1. solche, die von allzugrofser Thätigkeit; 2. die vom Mangel an Empfindlichkeit der Retina herrühren; 3. directe, welche mit dem Gegenstande gleiche; 4. indirecte, welche eine von ihm verschiedene Farbe haben. Die Untersuchung der letzteren ist bei ihm am vollständigsten. Nicht sowohl durch die versuchten Erklärungen, als vielmehr durch die genaue Beschreibung der erhaltenen Resultate ausgezeichnet ist gleichfalls eine grofse Reihe von Versuchen, welche Purkinje [6] über diesen Gegenstand angestellt hat. Die physische Ursache aller dieser Erschei-

1 Oeuv. p. 318.

2 On the eye. I. 343.

3 Mém. de l'Acad. 1743. p. 15.

4 S. *Farben*, *physiologische*.

5 New Experiments on the ocular spectra of light and colours. Lond. 1786. 4. Aus Phil. Trans. LXXVI. abgedruckt. E. Darwin Zoonómie oder Gesetze des organischen Lebens. a. d. E. von J. D. Brandis. Hann. 1795. 3 Th. 8. II. 387.

6 Beiträge zur Kenntnifs des Sehens in subjectiver Hinsicht. Prag 1819. 8.

nungen liegt sehr nahe, und ist in nichts anderm, als in einer Fortdauer des erzeugten Nervenreizes zu suchen, welche man mit der Vorstellung und Erinnerung vergangener Eindrücke vergleichen, und somit das Physiologische an das Psychische reihen könnte.

Unmittelbar hiermit zusammenhängend sind die Funken, feurigen Ringe, schwarzen oder weifsen Kreise und sonstigen Lichterscheinungen, welche nach einem Stofse gegen das Auge oder einem Drucke desselben empfunden werden. Auch hierüber hat nach Morgagni[1], Eichel[2], Elliot[3] u. a. Purkinje[4] eine Reihe von Versuchen angestellt. Dafs sie durch einen mechanischen Reiz der Nervenhaut, nach der Meinung des letzteren namentlich durch ein Auseinanderziehen derselben, hervorgebracht werden, ist kaum zu bezweifeln.

Wenn man in ein Chartenblatt mehrere feine Löcher dicht neben einander mit einer Nadel sticht, so wird dem kurzsichtigen Auge ein entferntes, dem weitsichtigen ein nahes Licht vervielfältigt erscheinen, und wenn der Raum sämmtlicher Löcher nicht gröfser ist, als die Pupille, so vielemal, als Löcher da sind. In der Weite des deutlichen Sehens sieht jedes Auge nur ein Bild, das normale aber die vervielfachten sowohl bei zu grofser Nähe als bei zu grofser Ferne. Dieses durch Scheiner schon beobachtete, durch de la Motte[5] und Musschenbroek[6] umständlich erläuterte Phänomen erklärt sich fast von selbst. In der Weite des deutlichen Sehens nämlich fallen die Lichtstrahlen sämmtlich auf die Retina, und werden hier zu einem einzigen Bilde vereinigt, aus zu grofser Ferne aber vereinigen sie sich vor derselben, in zu grofser Nähe hinter derselben, in beiden Fällen aber erzeugen die einzelnen, nicht vereinigten Lichtstrahlen, welche die Retina treffen, einzelne Bilder, weswegen man sie auch alle durch Anstrengung des Auges vereinigen kann.

Ein interessanter optischer Betrug, welcher aufserdem mit dem Verkehrtsehen der Gegenstände im Zusammenhange steht,

1 Adversaria. Anim. 73.
2 Collect. Soc. med. Hafniensis. cet. 1774.
3 Beobacht. u. Versuche über d. Sinne.
4 a. a. O. S. 136.
5 Versuche u. Abhandl. der Gesellsch. in Danzig. II. 290.
6 Introd. II. §. 1905.

wird schon von Fabri [1] und Le Cat [2] erzählt, und von beiden Fig. 226 richtig erklärt. Wenn das Auge gegen einen hellen Gegenstand, z. B. gegen eine Wand oder den Himmel gerichtet ist, und man hält dicht vor dasselbe ein Chartenblatt CB mit einem kleinen Loche und hinter demselben eine kleine Stecknadel de, so erzeugt diese ein verkehrtes Bild, welches vergröſsert in DE erscheint. Die Ursache liegt darin, daſs die Nadel, wegen zu groſser Nähe am Auge gar nicht gesehen wird, dennoch aber die Lichtstrahlen auffängt, und einen Schatten auf der Retina erzeugt, ohne mit den in GH gesehenen Gegenständen im Verhältniſs zu stehen, und dadurch das Urtheil über ihre Lage möglich zu machen, sie muſs daher auch der Figur nach verkehrt stehen. Hält man sie vor das Chartenblatt, so steht sie gerade, weil ihre Lage mit derjenigen der entfernter liegenden, zugleich gesehenen, Objecte verglichen wird [3].

Hält man einen undurchsichtigen, scharf begrenzten Körper in drei bis vier Z. Abstand vom Auge, und führt ihm einen anderen in geringerer Entfernung vom Auge entgegen, so scheint der Rand des ersteren sich auszubreiten, welches nicht der Fall ist, wenn beide sich in der nämlichen lothrechten Ebene befinden. Melville [4] erklärt dieses aus dem Halbschatten, welchen die Ränder naher Körper, wegen der Weite des Augensterns, auf die Netzhaut werfen, oder daraus, daſs gewisse Theile des Hellen dem ganzen Augensterne, nebenliegende aber nur einem Theile desselben verdeckt werden. Der Halbschatten des entfernten Körpers ist schmäler und dunkler. Sobald dann beide Halbschatten zusammentreffen, so werden dem Augensterne Stellen des Hellen ganz verdeckt, die man vorher wenigstens noch dunkel sah, und es scheinen sich beide Körper auszubreiten, jedoch ist dieses bei dem entfernteren wegen seines schwärzeren Halbschattens ungleich merklicher.

Dieser Erklärung, welche aus der angegebenen Stelle ihrem wesentlichen Inhalte nach hier mitgetheilt ist, lieſse sich entgegensetzen, daſs die, den Halbschatten bildenden Strahlen

1 Synopsis optica. Lugd. 1667. 4. p. 26.

2 Traité des Sens. p. 298.

3 Eine Abänderung und Erklärung dieses Versuches findet man in Edinb. Journ. of Sc. VII. 89.

4 Edinb. Essay's. II. 55. Vrgl. Priestley Gesch. d. Opt. 515.

durch das zweite genäherte Object an der Grenze des vollkommenen Schattens nicht aufgefangen werden, indem sonst im Gegentheile das erste entferntere schmäler werden müſste. Es sey zu diesem Ende a b die Pupille, c d das entferntere Object, g h das nähere, e a und f b die äuſsersten Grenzen des auf das Auge fallenden Lichtes, so wird das vollkommen helle, von f aus an c herstreifende Licht durch g h nicht aufgehalten, und hierdurch die Bezeichnung der Grenze c nicht verändert. Weil aber die von e ausgehenden Lichtstrahlen abgeschnitten werden, so wird das untere Ende eines Objectes e f unsichtbar, und hierdurch die Täuschung herbeigeführt, als rücke c d weiter in den von e f ausgehenden Lichtkegel. Hiermit übereinstimmend ist eine andere, auf gleiche Weise erklärbare, die Umkehrung des Bildes im Auge gleichfalls beweisende Erscheinung. Wenn man nämlich einen undurchsichtigen Gegenstand nahe vor ein Auge hält und ins Helle sieht, dann das obere Augenlied wie beim Schlieſsen des Auges herabzieht, so wird der Gegenstand sich nach oben zu verlängern scheinen, indem durch das Herabdrücken des Augenliedes α ein Theil des von B ausgehenden Lichtkegels abgeschnitten, und dadurch das Object c scheinbar verlängert wird.

Fig. 227.

Fig. 228.

Verschiedene anderweitige Augentäuschungen, welche namentlich mehrere karirte Zeuge, Tapeten u. dergl. hervorbringen, sind aus bekannten Regeln leicht erklärbar. Wenn ferner das Licht nach ein- oder mehrfacher Reflection und Brechung ins Auge fällt, so erscheint das Object an einer ganz andern Stelle, als wo es sich wirklich befindet, z. B. bei einem Planspiegel hinter demselben. Viele Beispiele dieser Art liefert die *Strahlenbrechung*, die astronomische und terrestrische, die *Luftspiegelung* der *Operngucker*, das *Polemoskop* u. s. w. [1].

Weil alle Menschen von frühester Jugend an und dessen sich unbewuſst durch Betastung und eine Menge anderweitiger Hülfsmittel allmälig die Fertigkeit erlangen, durch den Sinn des Gesichtes über Gröſse, Form und Entfernung der Gegenstände zu urtheilen, so verschmelzen Urtheile und Empfindungen allmälig so sehr, daſs beide für eins gehalten werden, und nicht bloſs die Gesichtsbetrüge herbeiführen, sondern auch den Glauben veranlassen, diese Fertigkeit des Urtheils sey angeboren

1 S. diese Artikel.

und nicht erlernt. Um so wichtiger und interessanter sind die Beispiele, aus denen evident hervorgeht, dafs sie blofs durch Uebung allmälig erhalten werde, wie dieses aus dem Benehmen der Blindgebornen nach der Operation der Fall ist.

Das merkwürdigste und bekannteste Beispiel dieser Art ist das von Cheselden erzählte [1]. Dieser operirte das Auge eines Knaben von 13 Jahren, welcher zwar bei starkem Lichte die Farben der Körper, aber nie ihre Gestalten unterschieden hatte. Nach der Operation konnte er indefs die Farben nicht mehr unterscheiden, und hielt sie nicht mehr für diejenigen, welche er vorher unter diesem Namen gekannt hatte. Die lebhaftesten Farben gefielen ihm am besten, Scharlach schien ihm am schönsten, Schwarz dagegen misfiel ihm sehr, und es bedurfte lange Zeit, bis er sich daran gewöhnte. Von Entfernungen wufste er so wenig, dafs er vielmehr glaubte, alles was er sähe, berühre seine Augen, so wie das, was er fühlte, die Haut. Glatte und regelmäfsige Formen waren ihm zwar am angenehmsten, allein er unterschied keine Gestalten ohne Mühe und ohne wiederholte aufmerksame Betrachtung. Von den vielen Namen und Sachen, welche er in einem Tage kennen lernte, vergafs er die Verbindungen der Bilder mit den Namen, und es dauerte z. B. lange, bis er durch blofses Sehen Hund und Katze unterscheiden lernte. Er wunderte sich sehr, dafs die Sachen, welche seinem Gefühle am angenehmsten gewesen waren, nicht auch seinem Gesichte am besten gefielen; z. B. hatte er erwartet, dafs die von ihm geliebten Personen am schönsten aussehen, und die vorgezogenen Speisen sein Gesicht am meisten reizen sollten. Gemälde schienen ihm anfangs bunte Flächen, als er aber nach zwei Monaten entdeckte, dafs sie Körper mit erhabenen und vertieften Theilen vorstellten, war er erstaunt, dafs sie sich eben anfühl-

1 Phil. Trans. 1728. T. XXXV. p. 402: p. 447. Smith Opt. p. 40. Zeune's Belisar S. 135. Die bei dieser Gelegenheit von Cheselden gemachten Beobachtungen haben eine grofse Celebrität erlangt, und sind sowohl von den Physiologen, als auch von den Psychologen vielfach benutzt. Am genauesten mit ihnen übereinstimmend und in gewissr Hinsicht noch beweisender wegen des höheren Grades der Blindheit bei der Patientin sind ähnliche von Wardrop neuerdings bei einer Dame angestellte, welche von Jugend auf blind durch eine künstliche Pupille sehend wurde. S. Phil. Trans. 1827. II. 529. Im Auszuge in Edinb. Journ. of Science. XI. 20.

ten, und fragte, welcher von seinen Sinnen ihn betröge. Anfangs hielt er alle Sachen für sehr grofs, als er aber gröfsere sah, schienen ihm die vorigen sehr klein, und er glaubte nicht, dafs es gröfsere oder kleinere gäbe. So wufste er, dafs das Zimmer ein Theil des Hauses sey, begriff aber nicht, dafs das Haus gröfser aussehen könne, als das Zimmer. Vor der Operation versprach er sich nicht viel von den Eindrücken durch das Gesicht, nachher aber war seine Freude über die stets neuen Gegenstände unbegrenzt. Ein Jahr nach der Operation brachte man ihn in die Dünen von Epsom, wo ihn die Aussicht ungemein ergötzte, die er eine ganz neue Art von Sehen nannte.

Bei andern von Cheselden Operirten waren die Erscheinungen die nämlichen, auch stimmen diejenigen ganz damit überein, welche Grant [1] nach einer ähnlichen Operation beobachtete, und welche Hofbauer [2] und Ware [3] erzählen. Auch Home [4] berichtet zwei interessante Fälle dieser Art. *Erster Fall.* Ein Knabe von 12 Jahren hatte nach Angabe seiner Mutter den grauen Staar auf beiden Augen seit seiner Geburt. Indefs konnte er Licht und Finsternifs unterscheiden, auch das Sonnenlicht vom Kerzenlichte. Wenn er die Sonne genau fixirte, so schien sie ihm das Auge zu berühren, auch eine Kerze, wenn sie ihm näher als 12 Z. gebracht wurde. Am 21sten Juli wurde die Operation vorgenommen, die Kapsel der Krystalllinse war sehr hart, sie selbst flüssig. Nach der Operation verursachte das Licht eine schmerzhafte Empfindung. Nachdem die Augenlieder einige Minuten geschlossen waren, und dann geöffnet wurden, fand man die Pupille klar, aber der Knabe konnte das Licht nicht ertragen. Als Home ihn fragte, was er sähe? antwortete er: Ihren Kopf, der mein Auge zu berühren scheint [5]. Doch konnte er die Gestalt nicht beschreiben. Auch am folgenden Tage, als der Lichteindruck weniger schmerzte, schien Home's Kopf sein Auge zu berühren. Am 23sten konnte

1 Voigt Mag. IV. I. S. 21.

2 Beiträge. II. 2. S. 249.

3 Phil. Trans. 1801. p. 382.

4 Phil. Trans. 1807. I. p. 83. Bibl. Brit. XXXVII. p. 85. Jahr 1808.

5 Die Antwort ist auffallend, indem nicht begriffen wird, wie er den Kopf kennen konnte, es sey denn durch einen Schlufs von dem ihm bekannten Orte, welchen der ganze Körper einnahm.

er schwaches Licht ertragen, sagte aus, er sähe mehrere Personen um sich, ohne daſs er ihre Gestalt zu beschreiben vermochte.

Der zweite Fall ist weniger instructiv, indem das kranke Auge noch helle Farben, bis auf einen gewissen Grad, erkannte, und daher auch nach der Operation die Entfernungen, nicht aber die Umrisse unterscheiden konnte [1].

Die Philosophen haben sich sehr bemühet, die Art und Weise psychologisch zu erklären, auf welche allmälig die Uebung und Fertigkeit, aus den Eindrücken auf das Auge über die Beschaffenheit der Körper zu urtheilen, erlangt wird. Insbesondere ist dieses durch Berkeley [2] ausführlich geschehen, doch läſst sich das Ganze leicht darauf zurückführen, daſs ein eigentliches Erlernen durch Unterstützung der andern Sinne, hauptsächlich des Gefühls, statt findet, wobei die erhaltenen Bilder nicht genauer und natürlicher mit den Sachen selbst übereinzustimmen brauchen, als z. B. Worte und Namen mit den bezeichneten Sachen, und sie können dennoch zur Begründung des Urtheils hinreichen. Hiermit stimmt die Art und Weise überein, wie Blinde den Sinn des Gesichtes zu ersetzen pflegen [3]. Saunderson, seiner im zweiten Lebensjahre entstandenen Blindheit ungeachtet Professor der Mathematik zu Cambridge, erlernte eine solche Fertigkeit mit selbstgewählten Figuren durchs Gefühl zu rechnen, daſs er dieses so schnell als ein Sehender zu thun vermochte [4].

Hier verdient gelegentlich die von Molyneux aufgeworfene, und übereinstimmend mit Locke [5] beantwortete Frage, ob ein Blinder nach dem Sehendwerden eine Kugel von einem Würfel unterscheiden würde, kurz erörtert zu werden. Beide verneinen sie, weil die Empfindungen durch Betastung mit den

1 Noch mehrere Fälle findet man erzählt in Notice sur le developpement de la lumière et des sensations dans les aveugles, nés à la suite de l'opération de la cataracte faite par le Dr. Forlange. Par. 1820. 8.

2 Essay on Vision.

3 Thümmig Versuch einer gründlichen Erläuterung der merkwürd. Begebenheiten in der Natur. Halle 1723. 8. St. 1. Art. 7.

4 H. W. Clemm's mathem. Lehrbuch. 3te Aufl. Stuttg. 1777. I. 144. §. 367.

5 Essay concerning human Unterstanding. II. chap. 9. §. 8.

Eindrücken auf das Gesicht in keiner natürlichen und nothwendigen Verbindung stehen [1]. Jurin [2] meint dagegen, es werde bei genauer Betrachtung der Unterschied auffallen, daſs die Kugel, von allen Seiten betrachtet, gleich sey, der Würfel aber nicht, und so würden sich aus den ähnlichen Merkmalen durch das Gefühl mit denen durch das Gesicht die Unterscheide beider finden lassen, wenn man erlaube, um die Körper herumzugehen. Eben so urtheilen Saunderson und Priestley, letzterer mit dem Zusatze, daſs zwar ein Würfel von einer Kugel, aber ersterer nicht vom Quadrat und letztere nicht vom Kreise würden unterschieden werden. Beim wirklichen Versuche dürfte indeſs Locke's Meinung sich bewähren, weil überhaupt zwischen dem Bilde im Auge und der Form der Körper gar kein nothwendiger innerer, sondern bloſs ein erlernter Zusammenhang statt findet.

Aus der genauen Erwägung der Art und Weise, auf welche das Sehen, insofern es ein Urtheil über Farbe, Gestalt, Gröſse und Entfernung der Gegenstände einschlieſst, im eigentlichsten Sinne erlernt wird, beantwortet sich leicht die so oft besprochene, von vielen mit Unrecht schwierig gefundene Frage, warum wir die Gegenstände aufrecht sehen, da doch ihr Bild im Auge verkehrt sey. Selbst Adams [3] meint noch, bei einem so dunkeln Gegenstande, dessen genaue Kenntniſs vielleicht alle menschliche Einsicht übersteige, müsse jede Erklärung mangelhaft seyn. Wollte man hierbei überhaupt erforschen, in welchem natürlichen und nothwendigen Zusammenhange die Sinneseindrücke mit den durch sie erhaltenen Vorstellungen stehen, so ist dieses allerdings eine bis jetzt unauflösliche Aufgabe, allein das specielle Problem, wie ein sogenanntes verkehrtes Bild im Auge die äuſsern Gegenstände gerade sehen lasse, hat gar keine Schwierigkeit, und beruhet gröſstentheils auf der falschen Voraussetzung, als ob im Auge Bilder einzelner von den übrigen abgesonderter Gegenstände wie durch eine vor dasselbe gehaltene Linse entständen, da doch vielmehr alle Gegenstände in ihrem natürlichen Zusammenhange und ihrer gegenseitigen wirklichen Ordnung im Bilde vorhanden sind. An welcher

1 Vergl. Merian in J. d. Ph. I. 161. III. 81.

2 Smith Opt. 395.

3 Anweisung u. s. w. S. 66.

Stelle der Retina übrigens die zum Bilde vereinigten Lichtstrahlen auffallen, kommt bei dem gänzlichen Mangel eines nothwendigen Zusammenhanges zwischen dem Eindrucke auf das Auge und dem Urtheile aus demselben gar nicht in Betrachtung, insofern das Letztere bloſs durch Uebung erlernt ist. Auf gleiche Weise verbinden die Menschen beim Reden verschiedener Sprachen mit durchaus ungleichen Worten die nämlichen Begriffe, es existirt kein anderer als ein durch Uebung erlernter Zusammenhang zwischen den musikalischen Zeichen und den Tönen, welche der Spieler beim Anblick derselben hervorbringt, und selbst das Thier handelt nach erlernten Zeichen und Worten, ohne die Kenntniſs ihrer eigentlichen Bedeutung. Uebrigens ergeben eine Menge Erscheinungen, namentlich beim Doppeltsehen und mehrere oben erläuterte Gesichtsbetrüge, daſs wir dasjenige nach der rechten Seite hinsetzen, was im Auge links liegt, und umgekehrt, daſs also die Bilder im Auge wirklich und ohne Streit, hiernach sich auszudrücken, verkehrt sind.

Schon Kepler[1] hat diese Wahrheit erkannt, und zu erläutern versucht, indem er sagt: wenn die Seele den auf den unteren Theil der Retina fallenden Lichtstrahl empfinde, so betrachte sie ihn so, als wenn er von oben herabkomme, und nehme daher für den oberen Theil, was sich unten abbilde. Cartesius[2] vergleicht diese Operation sinnreich mit der eines Blinden, welcher zwei einander durchkreuzende Stäbe halte, und damit das obere und untere Ende einer aufrecht stehenden Sache berühre, indem er sich somit gewöhnen würde, dasjenige für oben zu halten, was er mit dem Stabe der unteren Hand berührte, und umgekehrt. Kaestner[3] hat gleichfalls weitläuftig hierüber gehandelt, und darauf aufmerksam gemacht, daſs man sich nicht vorstellen müsse, die Seele betrachte das umgekehrte Bild, sondern daſs letzteres die Empfindung unmittelbar gebe. Insbesondere hat auch Lichtenberg[4] die Sache von dieser Seite aufgefaſst, indem er es in Zweifel stellt, ob die so wichtig dargestellte Frage überhaupt einen vernünftigen Sinn habe. In der That denkt man dabei nicht genau daran, was ei-

1 Paralip. p. 196.
2 Dioptr. cap. VI. §. 10.
3 Hamb. Mag. VIII. St. 4. Art. 8. IX. St. 1. Art. 4.
4 Erxleben's Naturl. 6te Aufl. S. 328.

gentlich aufrecht und was verkehrt zu nennen sey. Wenn man ein Gemälde umkehrt, so stehen die darauf abgebildeten Gegenstände nur in Beziehung auf Dinge aufser demselben verkehrt, auf dem Gemälde sind sie immer noch aufrecht, d. h. sie kehren die Füfse gegen den Boden, das Haupt gegen die Decke oder den Himmel. Eben so ist es mit dem Auge. Nur in Beziehung auf das, sich und sein Verhältnifs zum Menschen nicht empfindende Auge und dessen Stellung gegen seine Umgebungen kann man das erzeugte Bild verkehrt nennen, und nur ein zweites Auge, welches das Bild und den Gegenstand zugleich betrachtet, wird die verkehrte Lage des ersteren wahrnehmen. Dieses findet aber beim Sehen nicht statt, indem dabei blofs mit sich selbst übereinkommende Bilder vorhanden sind, welche alle wieder auf das Bild der Erde oder des Bodens bezogen werden, und in dieser Hinsicht aufrecht stehen, d. h. die Füfse gegen den Boden, und was diesem entgegen ist, aufwärts gerichtet. In diesem Sinne haben auch neuerdings sämmtliche Physiker und Physiologen mit sehr wenigen Ausnahmen die Sache aufgefafst. Treffend bemerkt daher Rudolphi [1], dafs wir im Mikroskop das Bild verkehrt, aber in Uebereinstimmung mit sich und dem Objectenträger sehen, und daher durch die Umkehrung nicht gestört werden. Die Gewohnheit übrigens, durch welche wir aus dem Bilde auf das Object zu schliefsen erlernen, mufs hierbei stets berücksichtigt werden, denn Leidenfrost [2] versichert, einen blindgebornen Jüngling gekannt zu haben, welcher durch eine Augenentzündung das Gesicht erhielt, und wirklich alles verkehrt sah, bis er das Gegentheil durch Gewohnheit erlernte.

Hiermit nahe zusammenhängend ist die Frage, warum wir mit beiden Augen die Gegenstände nur einfach und nicht doppelt sehen, da doch in jedes Auge ein eigenes Bild fällt. Um hierauf genügend zu antworten, mufs zuvörderst untersucht werden, ob und auf welche Weise beide Augen zugleich sehen. Im Allgemeinen mufs angenommen werden, dafs der Mensch bei gesunder Beschaffenheit seiner Augen mit beiden zugleich sieht, indem der Winkel, welchen beide Augenaxen im Objecte mit

1 Physiol. II. 227.
2 Vom mensch. Geiste. S. 65.
3 Vieth bei G. LIX. 234.

einander bilden, das vorzüglichste Mittel zur Bestimmung der Entfernung bei näheren Gegenständen ist, und die tägliche Erfahrung diese Richtung der Augenaxen genugsam beurkundet. Aufserdem ist oben schon bemerkt worden, dafs in Gemäfsheit der erlangten Fertigkeit des Sehens jeder Gegenstand dahin gesetzt wird, wo die Axe des ins Auge fallenden Lichtkegels, vom letzteren aus verlängert, hintrifft. Fällt diese also, wie beim gesunden Auge und einem genau beobachteten Gegenstande allezeit der Fall ist[1], mit der Axe des Auges zusammen, so folgt hieraus von selbst, dafs die beiden Augenaxen verlängert im genau gesehenen Puncte sich schneiden. Diejenige Ebene, welche durch diesen Punct so gefället wird, dafs die den Winkel beider verlängerten Augenaxen halbirende Linie auf ihr normal ist, heifst *Horopter (Horopter)*, und man nimmt an, dafs alle in dieser Ebene liegende Puncte einfach erscheinen müssen, weil die Bilder derselben auf übereinstimmende Puncte der Netzhaut fallen[2]. Diesen, an sich unbestimmten Ausdruck und den Gegenstand überhaupt hat Vieth[3] vollständig erläutert. Stellen A p; B p die verlängerten Augenaxen, S T den Horopter vor, so werden freilich alle von dieser Ebene ausgehende Lichtstrahlen z. B. S n; S m nach der nämlichen Seite der Augenaxen fallen, folglich in diesem Sinne eine übereinstimmende Lage haben, nicht aber hinsichtlich der Weite des Abstandes von A und B. Würde dieses Letztere unter dem Ausdrucke der übereinstimmenden Lage verstanden, so müfsten die Objecte in einem Kreise durch O, U und p liegen, weil alle in diesem liegende Winkel die nämliche Sehne OU umspannen, und folglich gleich sind. Rücksichtlich der ersteren Bedeutung kann man also sagen, dafs alle Puncte, welche *innerhalb* des parallaktischen Winkels w und seines Scheitelwinkels v fallen, ihre Bilder an entgegengesetzten Seiten von A und B haben, alle aber, welche *aufserhalb* dieser Winkel fallen, an gleichen Seiten.

Fig. 229.

Hieraus ergiebt sich hinsichtlich des *Doppelt*- und *Einfach-Sehens* leicht folgende Regel: *Was im Scheitel des parallaktischen Winkels liegt, wird bestimmt einfach gesehen, was innerhalb desselben und seines Scheitelwinkels liegt, bestimmt*

1 Vieth bei G. LIX. 234.
2 Smith. Opt. 43.
3 a. a. O. S. 238. ff.

doppelt, was aufserhalb beider liegt undeutlich, aber einfach. Von der Wahrheit des ersteren Satzes sich zu überzeugen, ist leicht. Hält man nämlich zwei Stangen, z. B. zwei Bleistifte in ein und zwei Fuſs Entfernung lothrecht, und fixirt abwechselnd den einen und den andern mit beiden Augen, so erscheint der nicht fixirte doppelt. Besieht man etwas des Abends nahe beim Kerzenlichte, so daſs man das letztere zugleich mit wahrnimmt, so erscheint dasselbe doppelt. Heftet man beide Augen auf einen fernen Gegenstand, und erhebt schnell einen Finger in geringer Weite vom Auge, so erscheint er doppelt. Am auffallendsten ist diese Erscheinung, wenn man ein auf beiden Seiten verschiedenfarbiges Lineal, die Schärfe nach der Nase gerichtet, in einem Abstande von wenigen Zollen zwischen beide Augen hält, dann einen entfernten Gegenstand fixirt, und hiernach die rechts liegende Fläche des Lineals links, und umgekehrt die linke rechts in meſsbarem Abstande von einander erblickt. Aus dem Anblicke der Figur ergiebt sich ferner, daſs ein innerhalb des parallaktischen Winkels liegender Punct x im linken Auge ein Bild links von A und im rechten rechts von B erzeugt, und er erscheint daher dem linken Auge rechts, dem rechten Auge links. Verschlieſst man daher beim Doppeltsehen dieses Punctes das rechte Auge, so verschwindet das links gesehene Bild, verschlieſst man aber das linke Auge, so verschwindet das rechts beobachtete. Ein Punct y aber, welcher innerhalb des Scheitelwinkels liegt, macht im linken Auge ein Bild rechts von A, im rechten aber links von B, und somit erscheint er dem linken Auge links, dem rechten dagegen rechts, weswegen das Verschwinden der Bilder dem vorigen entgegengesetzt ist.

Schwerer ist es dagegen, die letztere Behauptung, daſs alle auſserhalb des parallaktischen Winkels und seines Scheitelwinkels gelegene Puncte einfach erscheinen, durch Versuche zu beweisen, weil die erhaltenen Bilder überhaupt zu undeutlich sind. Man kann dieses indeſs bewerkstelligen, wenn man einen kleinen Gegenstand, z. B. eine Bleistiftspitze mit beiden Augen fixirt, und eine andere in ihrer Nähe gleichfalls zu sehen sich bemühet. Im Allgemeinen liegt indeſs der Beweis schon darin, daſs man zwar nur das im Scheitel des parallaktischen Winkels beider Augen liegende Object deutlich, alle andere in der Umgebung befindliche Gegenstände aber gleichfalls, jedoch einfach, und minder deutlich sieht, sie eben daher auch kaum überall

beachtet. Liegt indefs ein fernes Object im Scheitel des parallaktischen Winkels, ein anderes hell erleuchtetes aber bedeutend näher, so wird letzteres gleichfalls doppelt gesehen, z. B. ein Schmuzfleck auf der Fensterscheibe, wenn man einen fernen Schornstein mit beiden Augen fixirt.

Hiernach wird es leicht, einen oben absichtlich übergangenen Gesichtsbetrug eigener Art zu erklären, welchen Smith[1] schon gekannt, Vieth[2] aber vollständig erklärt hat. Hält man
Fig. 230. einen ohngefähr so weit geöffneten Cirkel, als die Entfernung beider Augenaxen beträgt, mit etwas heruntergedrückten Spitzen, das Gewinde gegen die Stirn gekehrt, vor das Gesicht, und richtet beide Augen gegen beide Spitzen, so sieht man die beiden Schenkel m G und m H abgesondert, und zwischen ihnen einen bis an den Durchschnittspunct der Augenaxen reichenden Schenkel m Q. Sind aber die Augen auf einen näheren Punct, z. B. P. gerichtet, so verwandelt sich der lange Schenkel in eine Durchkreuzung der Cirkelspitzen, welche einen desto gröfseren Winkel bilden, je weiter der Punct P von Q nach dem Auge hin entfernt ist.

Die Erklärung des Phänomens folgt aus der vorhergehenden Darstellung von selbst. Das Bild des linken Schenkels im rechten Auge nämlich bringt die Erscheinung des abgesonderten Schenkels m G hervor, welcher verschwindet, wenn man das rechte Auge schliefst, das Bild des rechten Schenkels im linken Auge dagegen erzeugt m H, die Bilder des rechten Schenkels dagegen im rechten Auge und des linken Schenkels im linken fallen auf übereinstimmende Stellen der Netzhäute, und bringen die Erscheinung des langen Schenkels hervor. Sind dagegen die Augenaxen auf einen näheren Punct gerichtet, und schneiden die Cirkelspitzen, so durchkreuzen sich diese, indem
Fig. 231. G M H dem linken, g m h dem rechten Auge angehört, woraus von selbst folgt, dafs die angegebene Verlängerung entstehen mufs, wenn die Augenaxen in die Cirkelspitzen fallen. Der Kopf des Cirkels wird wegen zu grofser Nähe an der Stirn nicht
Fig. 230. gesehen, sondern nur etwa das, was jenseits x y liegt. Soll der Versuch gelingen, so müssen beide Cirkelspitzen gegen das helle Fenster gerichtet seyn, weil sonst das eine undeutlichere Bild

1 Optik. S. 345. Priestley Gesch. d. Opt. S. 480.

2 G. LVIII. 245.

nicht beachtet wird, und dadurch verschwindet. Vieth glaubt, es lasse sich dieses Mittel dazu anwenden, um die Augen mit zu sehr convergirenden Axen, wenn dieser Fehler durch anhaltendes Sehen zu naher Gegenstände erzeugt ist, zu gewöhnen, sich auf weiter liegende Gegenstände einzurichten, wenn man die Cirkelspitzen allmälig erweiterte, und das Durchkreuzen der mittleren Bilder zu vermeiden suche. Auf allen Fall müfste dieses mit Vorsicht geschehen, um nicht das Schielen und Doppeltsehen zu veranlassen.

Gesunde Augen besitzen eine, im frühesten Kindesalter schon bemerkliche Fertigkeit, ihre Axen gleichzeitig auf den nämlichen Punct zu richten, woraus bald eine solche unbewufste Gewohnheit entsteht, dafs auch die Axe des bedeckten Auges sich unwillkürlich bewegt, wenn man die des andern unbedeckten nach irgend einem Gegenstande richtet. Indefs haben Kinder sicher ohne Ausnahme, und auch Erwachsene, das Vermögen, die Augenaxen willkürlich, wohl jederzeit einwärts, ungleich seltener auswärts, zu bewegen, woraus das oben erwähnte künstliche Schielen entsteht. Hiermit zusammenhängend ist eine Art des Doppeltsehens, welche durch mechanische Verrückung der Augenaxen erzeugt wird. Wenn man nämlich einen entfernten Gegenstand mit beiden Augen fixirt, dann den einen Augapfel mit dem Finger zur Seite drückt, so tritt ein plötzliches Doppeltsehen ein, welches aber allmälig verschwindet, ohngeachtet man den Augapfel in schiefer Richtung zu halten fortfährt. Dieses Phänomen, welches Biot [1] ohne Erklärung erwähnt, ist für die Theorie des Sehens von Wichtigkeit, und fällt mit andern sogleich zu erläuternden Erscheinungen zusammen.

Nach diesen unleugbaren Thatsachen, wovon die meisten mit dem gleichzeitigen Gebrauche beider Augen in unmittelbarer Verbindung stehen, läfst sich nicht zweifeln, dafs der Mensch in der Regel mit beiden Augen zugleich sieht. Am meisten und vollständigsten ist dieses dann der Fall, wenn beide Augen gleich stark und für gleiche Entfernungen des deutlichen Sehens eingerichtet sind. Ob dieses wirklich der Fall sey, ist schwer auszumitteln, und läfst sich nicht völlig sicher dadurch finden, wenn man beide Augen auf einen Gegenstand richtet, und abwech-

1 Précis. él. II. 372.

selnd das eine um das andere verschliefst, um die Bestimmung nach dem Grade der Helligkeit zu machen, womit jedes einzeln den Gegenstand wahrnimmt, weil hierbei schon zu viel Urtheil mit beigemischt ist. LA HIRE[1] räth, vor jedes Auge eine mit einer feinen Nadel durchbohrte Charte zu halten, und die beiden Kreise, welche man auf einer weifsen, einige Fufs entfernten Wand dadurch sieht, zur Berührung zu bringen, um nach ihrer Helligkeit die Stärke des Auges zu bestimmen. Am zweckmäfsigsten hält man nach JURIN's[2] Vorschlage ein breites Lineal oder ein Buch an die Seite des einen und dann des andern Auges, und sieht gegen ein weifses Blatt Papier so, dafs man die eine Hälfte nur mit einem, die andere mit beiden Augen sieht, und wechselt hiermit ab, so wird man aus dem Unterschiede der Helligkeit des mit einem und mit beiden Augen gesehenen Theiles in beiden Fällen die Deutlichkeit des Sehens eines jeden einzelnen Auges beurtheilen können.

Die Ursachen, warum wir mit beiden Augen nur einfach sehen, obgleich in jedem unleugbar ein eigenes Bild erzeugt wird, sind in dem bisher Gesagten schon enthalten. Wenn wir nämlich einmal zugeben, dafs vermittelst einer individuellen Thätigkeit der Nerven durch das auf der Retina entworfene Bild das Sehen hervorgebracht wird, und wir den Gegenstand allezeit dahin setzen, wohin eine auf die Netzhaut in der Mitte des Bildes senkrechte Linie verlängert trifft, wie schon PORTERFIELD als eigenthümliche Natureinrichtung ansah, so werden wir mit beiden Augen das einem jeden zugehörende Bild, beide in allen Stücken identisch, an ein und denselben Ort setzen, und können daher nur *ein* Object sehen, weil in dem Begriffe von zwei, in allen Stücken, auch hinsichtlich ihres Ortes, identischen Objecten ein Widerspruch liegt. Aufserdem aber ist unser Urtheil über die gesehenen Gegenstände ein durch Uebung erlangtes, und die hiernach erworbene Fertigkeit schliefst auch die Einfachheit des Objectes, der doppelten Bilder ungeachtet, mit ein. Hierfür spricht aufserdem die Analogie, indem wir mit zwei Ohren nur einfach hören, und mit zwei Händen, mit zwei oder mehr Fingern das nämliche Object berührend, nur einfach fühlen, obgleich die Eindrücke auf die Nerven des Gefühls vielfach

1 Accidens de la vue. p. 400.

2 Smith. Opt. 479.

sind [1]. Sehr instructiv ist in dieser Hinsicht das Phänomen, welches schon CARTESIUS [2] zur Erläuterung dieser Ansicht anführt. Wegen des Abstandes der beiden äufsern Seiten zweier Finger von einander können wir nie den nämlichen Gegenstand mit diesen zugleich berühren, sondern die Entfernung dient uns vielmehr als ein Mafsstab zum Messen. Legen wir daher beide über einander, und bringen eine kleine Kugel mit den hierdurch zusammenliegenden äufsern Seiten in gemeinschaftliche Berührung, so scheint diese uns doppelt. Mit Unrecht verwerfen daher PORTERFIELD und auch REID [3] den Einflufs der Gewohnheit. Letzterer hält die Uebereinstimmung der Mittelpuncte beider Augen hinsichtlich der erhaltenen Bilder, worauf das Einfachsehen beruhet, für angeboren, und bezieht sich dabei auf CHESELDEN's Blindgebornen, welcher nach der Operation seines zweiten Auges sogleich einfach sah. KLÜGEL [4] erinnert hiergegen richtig, dafs jener Patient vorher mit einem Auge sehen gelernt hatte, und sein Urtheil auf die hierdurch erhaltenen Bilder allein gründete. Man könnte noch hinzusetzen, dafs derselbe stets von starkem Lichte einen schwachen Eindruck empfunden hatte, auch ist das Einfachsehen desselben gleich vom Anfange an keineswegs erwiesen, weil er überhaupt von den erhaltenen Bildern auf die Beschaffenheit der Objecte zu schliefsen nicht vermochte, sondern dieses erst durch Uebung erlernen mufste. Aufserdem aber läfst sich LEIDENFROST's oben erwähnte Beobachtung hiergegen anführen.

Viele konnten sich indefs von den frühesten Zeiten an bis auf die neuesten herab das Einfachsehen mit zwei Augen dennoch nicht erklären, und verfielen daher auf manche künstliche Hypothesen. Die beiden hauptsächlichsten unter diesen sind die durch GASSENDI [5] und NEWTON [6] aufgestellten. Ersterer behauptete, man gebrauche beim Sehen stets nur ein Auge und das zweite bleibe unthätig, letzterer aber leitete das Phänomen

1 S. die weitläuftige Abhandlung von ROBINEAU in J. d. Ph. XII. 329.

2 Dioptr. Cap. VI. §. 18.

3 Inquiry into the human mind. p. 257.

4 PRIESTLEY Gesch. d. Optik.

5 Opera. II. 395.

6 Opt. qu. 25.

aus einer Vermischung beider Nerven ab, wogegen PORTERFIELD[1] einwandte, daſs nach anatomischen Untersuchungen die Nerven sich nicht vereinigen, sondern nur dicht neben einander liegen, und schon früher hatte KEPLER[2] bemerkt, daſs diese Ursache unstatthaft sey, weil es sonst gar kein Doppeltsehen geben könne. Dr. BRIGGS[3] leitete die Erscheinung aus der gleichen Spannung der übereinstimmenden Theile beider Sehnerven her, vermöge deren sie in gleichzeitige Schwingungen kämen. Dr. HARTLEY[4] erinnert, daſs die Sehnerven in der Gegend der *sella turcica* sich in einen Nervenknoten oder in ein eigenes, ihnen gleichsam besonders zugegebenes kleines Gehirn vereinigen, und daher mehr als andere Theile des Körpers auf einander wirken. So könne es kommen, daſs wir, wenn wir auch bloſs mit einem Auge sähen, dennoch in dem andern eine mit dem Bilde vergesellschaftete Empfindung hätten.

Insbesondere suchte DU TOUR[5] durch verschiedene Versuche, die er in mehreren Abhandlungen bekannt machte, die Behauptung GASSENDI's zu unterstützen, daſs die Seele jedesmal bloſs das Bild in dem einen Auge betrachte. Die vorzüglichsten Versuche desselben sind folgende. Auf ein Stück Pappe leimte er in horizontaler Richtung zwei gleich groſse runde Scheiben von Taffent in einem geringen Abstande von einander, die eine gelb, die andere blau, hielt das Stück Pappe senkrecht gegen die Nase, und richtete jedes einzelne Auge auf eine der Scheiben, in der Meinung, die beiden Farben müſsten sich in die zusammengesetzte grüne verwandeln; allein er sah jederzeit nur eine Scheibe, entweder die blaue oder die gelbe. Weil hierbei die Augen in eine unangenehme Lage kommen, so befestigte er vor zwei, inwendig geschwärzte Röhren ein gelbes und ein blaues Glas, hielt die Röhren zugleich vor beide Augen, und glaubte die Gegenstände hierdurch grün sehen zu müssen, sah sie aber

1 On the Eye. II. 285. Vergl. *Auge* Th. I. S. 541.

2 Dioptr. Prop. 62.

3 Nova visionis theoria. ed. alt. Lond. 1685. 8. p. 25.

4 Observations on Man. I. 207.

5 Mém. de Par. 1743. p. 334. Mém. présentés. III. 514. IV. 499. V. 677.

abwechselnd entweder gelb oder blau, je nachdem er das eine oder das andere Auge mehr anstrengte. Endlich schnitt er in schwarzem Papiere zwei runde Löcher in einer Entfernung von 5 bis 6 Linien aus, hielt vor das eine ein gelbes, vor das andere ein blaues Glas, und sah durch beide zugleich, so dafs er den nämlichen Gegenstand mit jedem Auge nur durch das eine der farbigen Gläser sah, allein auch dann erschien er ihm nicht grün, sondern entweder gelb oder blau.

Diese Versuche mit der Theorie des gleichzeitigen Sehens mit zwei Augen in Einklang zu bringen, hat man verschiedene Hypothesen aufgestellt, wodurch die Sache nicht sowohl erklärt, als vielmehr nur beseitigt wurde, indem man sagte, es sey dem Auge nur möglich, jederzeit von einem einzigen Farbeneindrucke afficirt zu werden. Ohne hier die Richtigkeit dieser schwer zu beweisenden Behauptung näher zu prüfen, lassen sich die Resultate der erwähnten Versuche auf eine ganz andere Weise erklären. Soll die Empfindung der grünen Farbe durch Blau und Gelb erzeugt werden, so müssen diese beiden farbigen Lichtstrahlen gleichzeitig und schon verbunden ins Auge fallen. Sondert man nämlich aus dem Spectrum die übrigen farbigen Strahlen, aufser Gelb und Blau, ab, so wird man ohne Weiteres nicht Grün sehen, obgleich beide Farben gleichzeitig in beide Augen fallen, wohl aber entsteht Grün, wenn beide an dem nämlichen Orte zusammenfallen. Dreht man eine Farbenspindel mit Gelb und Blau langsam um, so erkennt man beide Farben, und sie vereinigen sich erst dann zu Grün, wenn wegen der Dauer des Lichteindrucks beide gleichzeitig das Auge afficiren. Du Tour konnte daher unmöglich auf die von ihm gewählte Weise aus den beiden Farben die gemischte hervorbringen, weil auf allen Fall die Empfindung einer Farbe durch das Auge bedingt ist, nicht aber von der Seele durch Combination erzeugt wird, denn sonst würden wir im Regenbogen wie im Spectrum blofs Weifs sehen. Indefs fand ich mich veranlafst, die angegebenen Versuche mit einigen andern vermehrt zu wiederholen, wodurch ich zu folgenden für das Sehen der Farben nicht ganz unwichtigen Schlüssen gelangt bin. 1. Wenn das Auge irgend eine Farbe allein und ohne einen Nebeneindruck des weifsen oder anders gefärbten Lichtes wahrnimmt, so schwindet die Empfindung des farbigen Lichtes allmälig, und die des weifsen Lichtes tritt zunehmend stärker hervor. Sieht man

daher durch ein langes, inwendig geschwärztes Rohr gegen einen gefärbten Gegenstand, so wird die Farbe desselben allmälig blässer, und selbst wenn man anhaltend gegen eine schwarze Fläche sieht, nimmt das Dunkel allmälig ab, und scheint zunehmend weifser zu werden. Am meisten ist für mein Auge dieses der Fall bei Blau, weniger bei Grün und noch weniger bei Roth. Die Erscheinung vermindert sich, oder verschwindet ganz, wenn das Auge nicht völlig vom Rohre umschlossen ist, und seitwärts einfallendes Licht erhält. 2. Sieht man mit einem Auge durch ein gefärbtes Glas so, dafs man dasselbe nahe davor hält, so ist der Eindruck der Farbe anfangs sehr lebhaft, schwindet aber allmälig, und man sieht den Gegenstand nach dem Verhältnisse der tieferen Färbung des Glases weniger hell, aber ungefärbt, und so, dafs man zuletzt die Farbe des Glases selbst nicht mehr erkennt. Blofs die Flamme des Kerzenlichtes und die Sonne machen hierbei eine Ausnahme. Hierin liegt der Grund, warum man sich leicht an grüne Brillen so gewöhnt, dafs sie keine Empfindung einer Färbung weiter hervorbringen. 3. Wenn man auf gleiche Weise durch zwei ungleich gefärbte Gläser, jedes vor ein Auge gehalten, die Gegenstände betrachtet, so schwindet die Empfindung beider Farben nach kurzer Zeit, und die Helligkeit des gesehenen Objectes liegt im Mittel zwischen dem helleren und dunkelern Glase, wenn die Durchsichtigkeit beider nicht allzu ungleich ist. Beim künstlichen Schielen tritt indefs ein Unterschied der Farben wieder hervor, beide Bilder sind matter, aber auf allen Fall verschieden gefärbt.

HALDAT [1] wurde zufällig veranlafst, ähnliche Versuche anzustellen als die oben mitgetheilten des DU TOUR, glaubte sich aber dadurch zu einem ganz entgegengesetzten Resultate berechtigt, als was dieser gefunden haben wollte. Inzwischen hat sowohl die durch GASSENDI aufgestellte Hypothese, dafs der Mensch jederzeit nur mit einem Auge sieht, als auch die Newton'sche von einer Vereinigung und Durchkreuzung der optischen Nerven beider Augen zur Erklärung des Einfachsehens bei unbestreitbarer Erzeugung von zwei Bildern selbst bis in die neuesten Zeiten viele Anhänger gefunden, welche zum Theil beide Meinungen vereinigt, und ihre Ansichten durch Versuche zu unterstützen gesucht haben. Im Allgemeinen nenne ich nur

1 Journ. de Phys. LXIII. 387.

MÖNNICH[1], JANIN[2], welcher durch Brillen mit grünen und gelben, blauen und rothen Gläsern Grün und Violett zu sehen glaubte, WALTHER[3], welcher diese Versuche mit gleichem Erfolge wiederholte, v. ARNIM[4], WEBER[5], ACKERMANN[6], ELLIOT[7], WELLS[8], CHARLES BELL[9] u. a., um noch die neueste, durch WOLLASTON aufgestellte, und in sehr viele Zeitschriften anscheinend mit großem Beifalle der Physiologen angenommene Hypothese kurz zu erwähnen. Nach WOLLASTON findet nämlich eine Halbdurchkreuzung (*semidecussation*) der optischen Nerven statt, indem die Nerven, welche bei beiden Augen die rechte Seite bilden, in einen gemeinschaftlichen Ast vereinigt werden sollen und die von der linken Seite in einen andern[10]. Es ist wohl als unwidersprechlich anzusehen, daß diese Hypothese durch anatomische Gründe nicht widerlegt werden kann, da die Frage, ob in der *Kreuzungsstelle* (*Chiasma nerv. opt.*) eine wirkliche Durchkreuzung statt finde oder nicht, aller bisherigen Forschungen ungeachtet noch unentschieden ist. Eben so gewiß ist es zugleich, daß nach dieser Voraussetzung diejenigen Beispiele des Halbsehens, wobei von den betrachteten Gegenständen in lothrechter Richtung entweder die rechte oder die linke Seite nicht gesehen wird, leicht erklärbar seyn würde, auch dürfte manchen das Räthsel, wie bei unleugbarer Erzeu-

1 Sammlung der deutschen Abhandl. d. Berl. Acad. 1796. S. 46.

2 Mém. et observations sur l'Oeil. Lyon et Par. 1772. 8. p. 39. Deutsch: Abh. über d. Auge u. seine Krankheiten. Berl. 1776. S. 38.

3 Von d. Einsaugung u. Durchkreuzung d. Sehnerven. Berl. 1794. 8. Deutsche Abh. der Acad. zu Berlin. 1793. p. 3.

4 G. III. 256.

5 Reil's Archiv. VI. 296.

6 HERHOLT: Sieht d. Mensch mit einem Auge allein, oder mit beiden zugleich? Ein Beitrag zu Gall's Schädellehre. Kopenh. 1814. 8.

7 J. ELLIOT Anfangsgründe derjenigen Theile d. Naturlehre, welche mit d. Arzneiwissensch. in Verbindung stehen. A. d. F. von Bertram. Leipz. 1784. 8.

8 W. C. WELLS essay upon single Vision with two eyes. Lond. 1791. 8.

9 Edinb. Journ. of Science N. III. p. 1. N. X. p. 262. Vergl. Treviranus Biol. VI. 578.

10 Vergl. Art. *Auge*. Th. I. S. 542. Phil. Trans. 1824. I. 222. Edinb. Phil. Journ. XXII. 420. Ann. of Phil. 1824. Apr. p. 306 u. v. a.

gung von zwei Bildern dennoch nur die Vorstellung von einem einzigen Objecte entsteht, bedeutend leichter lösbar scheinen, indem hiernach die auf die rechte Seite beider Augen fallenden Theile beider Bilder, in einem gemeinscaftlichen Nervenaste vereinigt, nur eine einzige Empfindung erzeugten, und eben so die auf die linke Seite beider Augen in einen andern. Dennoch aber streitet hiergegen zuerst Kepler's schon oben erwähntes Argument, daſs es hiernach gar kein Doppeltsehen geben könne, welches doch bei allen gesunden Augen beim künstlichsten Schielen augenblicklich eintritt. Zweitens scheint mir hierdurch eine neue Schwierigkeit erzeugt zu werden, nämlich auf welche Weise hiernach die Vereinigung beider Hälften des erzeugten Bildes zu einem gemeinschaftlichen Ganzen erklärbar sey. Endlich drittens wäre indeſs diejenige Hemiopie, bei welcher bloſs die über oder unter einer horizontalen Ebene liegenden Theile der Objecte gesehen werden, und wovon unbestreitbar gleichfalls Fälle beobachtet sind, nicht wohl erklärbar. In Beziehung auf die eigentliche, hier zu untersuchende Aufgabe also, nämlich wie es erklärbar sey, daſs beim unleugbaren Vorhandenseyn von zwei Bildern in beiden Augen dennoch nur ein einziges Object gesehen werde, geht aus dem bisher Gesagten so viel hervor, daſs die ältere Meinung, wonach dieses eine Folge des durch die Erfahrung und Uebung fixirten Urtheils ist, nicht bloſs als die vorzüglichste, sondern auch als völlig genügend angesehen werden muſs. Zur Erläuterung dient aber vorzüglich der Versuch, wenn man bei verschlossenen Augen mit den Fingerspitzen der einen Hand eine Kugel hält, und dieselbe zugleich mit den Fingerspitzen der andern berührt, in welchem Falle man wegen der Identität des Ortes nur eine Kugel zu halten sich bewuſst ist, obgleich man sie mit beiden Händen abgesondert wahrnimmt.

Ohngeachtet indeſs die oben aufgestellte Behauptung, daſs der Mensch im normalen und gesunden Zustande seiner Augen mit beiden zugleich sieht, und dennoch aus den angeführten Gründen nur die Empfindung eines einzigen Objectes haben kann, im Allgemeinen vollkommen begründet ist, so daſs es doch auch ungemein viele Beispiele, daſs Menschen nur mit einem Auge sehen, und sicher mehrere, als man vermuthet, weil dieses oft der Fall ist, ohne daſs diejenigen, bei welchen es sich findet, selbst dieses glauben oder wissen, indem sie der allgemeinen

Annahme und ihrer eigenen früheren Erfahrung gemäfs mit beiden Augen zu sehen glauben [1]. Viele genauere Untersuchungen haben nämlich ergeben, dafs in nicht seltenen Fällen, hauptsächlich unter den höheren Ständen und bei denen, welche ihre Augen sehr anstrengen, beide ungleich sowohl hinsichtlich der physischen Stärke des Organs, als auch der Entfernung des deutlichen Sehens sind, und indem wiederum meistens das rechte das stärkere ist, so haben viele die Meinung gehegt, man sehe allezeit nur mit diesem allein [2]. Sehr natürlich also, dafs so viele Schriftsteller, indem sie vorzüglich die Probe mit ihren eigenen Augen machten, das Sehen blofs mit einem als allgemeine Regel aufstellten. Es wäre überflüssig, eine so oft vorkommende Erscheinung durch Aufstellung einzelner Beispiele zu beweisen, indem ein jeder leicht die Ueberzeugung durch Versuche in seiner Umgebung erhalten kann. Selbst auch Gehler [3] erwähnt, dafs sein linkes Auge äufserst kurzsichtig sey, das rechte aber in ziemlicher Entfernung deutlich sehe. Er hatte sich daher gewöhnt, blofs mit dem rechten Auge zu sehen, und fühlte, wenn er dieses schlofs, um mit dem kurzsichtigen allein etwas in der Nähe zu betrachten, eine schmerzhafte Anstrengung, wobei ihm der Gegenstand weiter wegzurücken, und etwas gröfser zu werden schien, bis das Bild deutlich wurde. Verdrückte er die Augenaxe, so stellte sich ihm das mit dem kurzsichtigen undeutlicher gesehene Bild merklich entfernter und gröfser dar. Ein Freund desselben dagegen, ein aufgeklärter Arzt, behauptete bei gleicher Abnormität der Augen die Gegenstände mit dem kurzsichtigen um $\frac{1}{24}$stel kleiner zusehen, welches den optischen Gesetzen weniger angemessen ist, als Gehler's Angabe. J. Russel [4] erzählt ein Beispiel von einem Manne, welcher in Folge von Magenaffectionen mit dem einen Auge kurzsichtiger und mit dem andern weitsichtiger wurde, als er vorher gewesen war, und so auch Ware [5] von einer Frau, deren linkes Auge sehr weitsichtig wurde, das rechte aber unverändert blieb. Mehrere Beispiele dieser Art, wo sogar für beide Augen verschiedene Gläser gebraucht wurden, sind von

1 Vergl. Vieth bei G. LIX. 243.
2 Wardrop Essay's II. cap. I u. II.
3 Wörterbuch II. 480.
4 Edinb. Phil. Journ. II. 271.
5 Med. chir. Trans. V. 263.

Rudolphi[1] beobachtet, und einer ist von Hall[2] näher beschrieben, auch gedenkt Ware[3] der Sache als einer gar nicht ungewöhnlichen.

Man könnte veranlaſst werden zu vermuthen, daſs Personen von ungleicher Weitsichtigkeit und Stärke der Augen von der Verschiedenheit der erzeugten ungleichen Bilder eine Empfindung haben müſsten. Allein dieses ist so wenig der Fall, daſs sie bei anfangender und allmälig zunehmender Verdunkelung des einen Auges durch den grauen Staar oft lange Zeit diesen Fehler gar nicht kennen, wenn sie nicht zufällig durch den alleinigen Gebrauch desselben darauf aufmerksam werden, welches um so schwieriger ist, weil die meisten Menschen nicht vermögen, die Augenlieder eines Auges allein zu schlieſsen, und man beim erforderlichen Gebrauche eines einzelnen Auges in der Regel sich des stärkeren bedient. Die Erscheinung einer solchen Unthätigkeit des einen Auges und die Ursache, daſs dieselbe nicht bald wahrgenommen wird, fällt alsdann mit einer andern zusammen, nämlich daſs Schielende, auch wenn beide Augen gleich gut sind, doch nicht doppelt sehen, obgleich auch dieses nicht allgemein ist, indem viele Schielende oft mehr oder minder doppelt sehen. Das Bild in dem einen, gerade auf den Gegenstand gerichteten, in der Regel auch stärksten Auge, ist schon deswegen, weil es in die Mitte desselben fällt, das lebhafteste, und übertäubt gleichsam die Empfindung des andern so daſs diese allmälig gar nicht beachtet wird, und endlich ganz verschwindet[4]. Hierbei tritt also der nämliche Fall ein, als bei allen Bildern der seitwärts liegenden Gegenstände, welche zwar im Auge erzeugt werden wenn es einen bestimmten Gegenstand fixirt, aber unbeachtet bleiben. Hält man ein Brillen- oder Lorgnetten-Glas vor das eine Auge, ohne das andere zu verschlieſsen, so empfindet man nur das hellere Bild im ersteren, und das im zweiten ist so gut als gar nicht vorhanden. Ist ein Auge beschattet, so wird das Bild eines erleuchteten Gegenstandes in ihm das stärkere, und daher allein empfunden. Eben

1 Physiol. II. 215.

2 Meckel's Archiv. IV. 611.

3 G. LIV. 257.

4 Vieth a. a. O. S. 243.

hieraus erklärt sich auch das oben [1] erwähnte Phänomen, daſs nämlich zuerst ein doppeltes Bild entsteht, wenn man den einen Augapfel zur Seite drückt, allmälig aber beide sich wieder zu nähern scheinen, und das mattere bald ganz verschwindet. Auch hierin liegt ein Beweis, wie sehr das Urtheil der Seele beim Sehen in Betrachtung kommt.

Aepinus [2] fand, daſs ein Loch in einer Metallplatte von 0,1 Lin. Durchmesser, wodurch er mit dem linken Auge sah, weiter, und das Gesichtsfeld gröſser wurde, wenn er das rechte Auge schloſs, und noch mehr, wenn er es mit der Hand bedeckte. Ob sich hierauf ein allgemeines Gesetz bauen lasse, daſs die Thätigkeit des einen Auges vermehrt wird, wenn die des andern ganz aufhört, muſs künftigen Untersuchungen vorbehalten bleiben. Wahrscheinlich gehört aber auch dieses Phänomen unter die allgemeine Regel, daſs die Nerventhätigkeit am stärksten ist, wenn sie nicht durch andere Nervenaffectionen gestört wird.

Hierhin gehört endlich auch die bekannte Erscheinung, daſs die Bilder der Gegenstände, z. B. die Buchstaben beim Lesen, dunkler und undeutlicher werden, wenn die Aufmerksamkeit auf dieselben schwindet, entweder wenn die Seele durch Nachdenken über irgend eine schwierige Aufgabe angestrengt beschäftigt ist, oder wenn eine völlige Abspannung der Thätigkeit und Anstrengung durch Ermüdung, Schläfrigkeit oder Verfolgen lebhafter Bilder der Phantasie stattfindet [3]. *M.*

Gesichtsfeld.

Campus visionis; champ de vision; *field of vision;* ist der Raum, den das Auge auf einmal übersieht, und man gebraucht diesen Ausdruck besonders in Beziehung auf Fernröhre und Vergröſserungsgläser, wo die Gröſse des Gesichts-

1 Biot Précis él. II. 372.

2 Nov. Com. Petrop. VII. 303.

3 Vergl. Purkinje Beiträge. S. 76. Ueber das Sehen überhaupt d'Alembert Doutes sur différentes questions d'Optique; in Opuscules mathém. II vol. Par. 1761. Scarella in Com. Soc. Bonon. V. 1 u. 446. VI. 344. u. v. a.

feldes genau berechnet werden kann. In Fernröhren und Mikroskopen ist das Gesichtsfeld ein Kreis, dessen Durchmesser man nach der Gröſse des Sehwinkels in Graden und Theilen von Graden bestimmt.

Das Gesichtsfeld, welches das *bloſse Auge* mit Deutlichkeit übersieht, ist schwieriger zu bestimmen, und mag bei verschiedenen Individuen ungleich seyn. Wir sehen nur die Gegenstände deutlich, welche nahe bei der Richtung der Augenaxe liegen, und es ist schwierig, den Abstand von der Augenaxe zu bestimmen, bei welcher man zum Beispiel noch Buchstaben und ähnliche kleine Gegenstände deutlich sieht; diese Schwierigkeit entsteht zum Theil auch daraus, daſs wir allzu geneigt sind, sobald wir unsre Aufmerksamkeit auf einen von der Augenaxe entfernten Punct richten, die Augenaxe selbst dahin zu wenden, und dadurch den Versuch zu unterbrechen. Nach meinen Erfahrungen glaube ich nicht, daſs man Buchstaben, die über 10 Grade von der Augenaxe entfernt sind, noch deutlich erkennt; kommt es aber bloſs auf ein Wahrnehmen der Gegenstände an, so findet dieses selbst bei 45 Graden Abstand von der Augenaxe noch statt, ja selbst bis zu 60 Graden hin.

Wie das Gesichtsfeld bei Fernröhren und Mikroskopen durch Beobachtung oder Rechnung bestimmt wird, muſs in den Art. *Fernrohr*, *Mikroskop*, *Spiegelteleskop* nachgesehen werden.

B.

Gestirne.

Astra, *sidera*; les astres; *the stars*. Unter dem Namen Gestirne sind alle jene glänzenden Körper begriffen, die sich uns am Himmel zeigen, und die, als nicht mit der Erde in Verbindung stehend, der täglichen Bewegung der scheinbaren Umdrehung der Himmelskugel folgen. Von den Fixsternen, den Planeten, dem Monde, der Sonne, so wie von Nebelflecken, der Milchstraſse u. s. w. handeln eigne Artikel.

Unter Gestirn versteht man aber auch ein Sternbild, oder diejenige Verbindung von Sternen, die man unter einem einzigen Namen, um sich leichter am Himmel zu orientiren, zusammen gefaſst hat; man spricht daher von dem Gestirne des Widders u. s. w. hiervon s. Art. *Sternbilder*. *B.*

Getriebe; s. Rad und Getriebe.

Gewicht.

Schwere; *Pondus*; Poids, pesanteur; *Weight, gravity.* Es ist eine Eigenthümlichkeit sowohl bei den Deutschen als auch bei den Engländern und Franzosen, dafs sie ungeachtet einer scharfen und bestimmten Feststellung der Begriffe dennoch die Bedeutungen der angegebenen Worte nicht fixiren, und es würde mir lieb seyn, wenn in dieser nicht so ganz kleinlichen Sache die Deutschen mit einem guten Beispiele vorangehen wollten. *Schwere* (*gravitas*; Pesanteur; seltener gravité; *Gravity*) ist die Wirkung der gegenseitigen Anziehung zwischen der Erde und jedem in nicht grofser (den Halbmesser der Erde als Einheit angenommen) Entfernung von ihrer Oberfläche befindlichen Körper. Aeufserungen derselben sind das *Gewicht* der Körper und somit auch des *Druck*, welchen sie in Gemäfsheit dessen gegen jede feste, halbflüssige und flüssige Unterlage oder jede ihrer Bewegung des freien Fallens widerstrebende Substanz ausüben, und der *Fall* derselben, welcher wiederum ein freier oder in einer gegebenen Bahn seyn kann. Im Ganzen könnte man jene erstere das Bestreben zu fallen, diese letztere dagegen die wirkliche Realisirung jenes Bestrebens nennen, wonach also in Beziehung auf diese Effecte die Schwere dasjenige heifsen würde, was die Körper zum Fallen sollicitirt, und insofern hierbei die Anziehung der Erde gegen die Körper für irdische Messungen unendlich grofs in Vergleichung mit der Anziehung dieser letzteren gegen jene ist, bis jetzt aber noch kein Unterschied dieser Einwirkung der Erde rücksichtlich der verschiedenen Materien aufgefunden wurde, so folgt nothwendig, dafs alle Materie an sich gleich schwer seyn mufs, mithin auch jede durch einen gegebenen Raum begrenzte Materie oder jeder Körper, und dafs es also keine relative, respective oder specifische Schwere geben kann; welcher Ausdrücke man sich daher auch niemals bedienen sollte. Es folgt aus diesen Sätzen ferner nothwendig, dafs alle Körper nach ganz gleichen Gesetzen fallen müssen, weil jedes einzelne Element derselben von der Anziehung der Erde auf gleiche Weise afficirt wird[1]. Dagegen ist das Gewicht

1 Ueber den Unterschied der Schwere an den verschiedenen Orten auf der Erde s. Art. *Schwere*.

und somit auch der hieraus hervorgehende Druck gegen irgend eine Unterlage oder eine dem Fallen widerstehende Substanz verschieden, indem dieses durch die Summe der Wirkungen jedes einzelnen durch die Schwere zum Fallen sollicitirten oder gegen die Erde gezogenen Elementes der Körper gegeben wird.

Gewicht (*pondus*; poids; *weight*) ist also die Summe der Bestrebungen, wodurch die gesammten Elemente eines Körpers zum Fallen getrieben werden, und mufs dasselbe folglich der Quantität dieser Elemente direct proportional seyn, vorausgesetzt, dafs die letzteren an Masse einander gleich sind. Diese Frage, welche bei vielen physikalischen Untersuchungen von grofser Wichtigkeit ist [1], kann hier ganz vernachlässigt werden, indem die gröfseren Elemente als mehrere vereinte kleinere betrachtet werden könnten, wonach also die allgemeinen Bestimmungen über die Schwere und das Gewicht durchaus keinen Abänderungen unterliegen. Insofern aber die Summe dieser einzelnen, gegen die Erde gravitirenden, Elemente eine absolute Gröfse ist, oder durch ein bestimmtes gegebenes Maafs gemessen wird, heifst dieses Gewicht der Körper ihr *absolutes* (*pondus absolutum*; poids absolu, *weight absolute, absolute or true gravity*), und wird durch die in den verschiedenen Ländern übliche Normal-Gewicht-Einheiten z. B. Pfund, Gramme u. s. w. ausgedrückt. Die Bestimmung der Gewichte wird vermittelst der Waage in gröfserer oder geringerer Schärfe erhalten. In den verschiedenen Ländern sind sehr ungleiche Normal-Gewichte eingeführt. Weil diese aber mit den Bestimmungen der Längen und Räume zusammenfallen, und es daher am besten ist, diese insgesammt zugleich zu übersehen, so verspare ich die hierher gehörigen Angaben für den Art. *Mafs*, und eben so wird das für die genauere Bestimmung der Gewichte erforderliche Werkzeug, die Waage, besonders beschrieben werden. Es mag daher hier die Bemerkung genügen, dafs zwar das Gewicht der Körper, sofern dieses eine Function der Schwere ist, letztere aber einer durch die geographische Breite und die Erhebung über die Meeresfläche erzeugten Veränderung unterliegt, hiernach gleichfalls verschieden seyn mufs. Weil aber die Normalgewichte gleichen Bedingungen unterliegen, als die

1 Vergl. *Materie.*

durch sie zu wiegenden Körper, wenn man sich anders keiner minder gebräuchlichen und selten hinlänglich feinen Federwaage bedient, so kann man mit Vernachlässigung des kleinen hieraus entspringenden Unterschiedes das absolute Gewicht der Körper als überall auf der Oberfläche der Erde gleich betrachten. Oft glaubt man indeſs das absolute Gewicht der Körper zu erhalten, wenn man bloſs das relative derselben gefunden hat. In den meisten Fällen, namentlich, wo die Gewichtsbestimmung für den Handel, die Oekonomie und Technologie gesucht wird, ist dieser Unterschied geringer als die Fehlergrenze der Bestimmung überhaupt, und kann daher füglich vernachlässigt werden, bei wissenschaftlichen Untersuchungen dagegen kommt er allerdings in Betrachtung.

Das *relative* oder *respective Gewicht* der Körper (*pondus relativum*; pesanteur respective, poids relativ; *relativ gravity)* wird gegeben, wenn dieselben um einen aliquoten Theil ihres absoluten Gewichtes getragen werden. Wenn also ein Körper sich im Wasser befindet, so verdrängt er ein seinem Volumen genau gleiches Quantum desselben, und wird dadurch genau um so viel weniger wiegen, als das absolute Gewicht dieses letzteren beträgt, er wird daher nicht mehr sein ganzes Gewicht wiegen, sondern nur so viel, als der Ueberschuſs desselben über das Gewicht des verdrängten Wassers beträgt, und dieses ist dann sein relatives Gewicht. Wäge z. B. ein gegebener Würfel von Blei 10 ℔., ein gleich groſser von Wasser 1 ℔., so würde jener in Wasser gesenkt nur noch 9 ℔ wiegen, welches dann sein relatives Gewicht wäre. Der auf diese Weise entstehende Gewichtsverlust kann mehr als das ganze Gewicht des Körpers betragen, wobei dann sein relatives Gewicht negativ werden muſs. Endlich versteht es sich von selbst, daſs die in der Luft gewogenen Körper gleichfalls so viel von ihrem absoluten Gewichte verlieren, als ein gleiches Volumen von Luft wiegt, welches sie aus der Stelle treiben. Dieses trifft sowohl die gewogenen Körper als auch die Gewichtstücke, und muſs bei jeder feinen Gewichtsbestimmung berücksichtigt werden.

Wenn man das absolute Gewicht der Körper, welches als das Resultat aller in ihm vereinten einzelnen gegen die Erde gravitirenden Elemente seiner Masse direct proportional ist, und auch wohl Masse genannt wird, mit Rücksicht auf den Raum,

welchen sie einnehmen, oder ihre Volumina mit einander vergleicht, so erhält man ihr *specifisches Gewicht* oder *Eigengewicht* (*pondus specificum*; poids spécifique, pesanteur spécifique [1]; *specific gravity*), welches mit Unrecht zuweilen auch das relative Gewicht genannt wird. Die Bestimmung des specifischen Gewichtes der Körper ist in vielfacher Hinsicht sowohl wissenschaftlich als auch rücksichtlich der Anwendung auf Technologie, Oekonomie u. s. w. von gröſster Wichtigkeit, hauptsächlich weil theils aus dem gegebenen specifischen Gewichte und dem Volumen das absolute Gewicht oder aus dem relativen und dem specifischen Gewichte das Volumen und das absolute Gewicht bestimmt wird, theils weil aus dem specifischen Gewichte allein die Reinheit oder Mischung verschiedener Stoffe erkannt werden kann, und dieser Gegenstand verdient daher hier eine genaue und umfangende Untersuchung. Im Allgemeinen gilt dabei das aus dem angegebenen Begriffe des specifischen Gewichtes von selbst folgende Gesetz, daſs bei gleichem absoluten Gewichte die specifischen sich umgekehrt wie die Volumina verhalten, bei gleichem Volumen aber wie die absoluten, und daſs sonach die specifischen Gewichte, oder auch die Dichtigkeiten zweier Körper, im geraden Verhältnisse ihrer absoluten Gewichte und im umgekehrten ihres Volumens zu einander stehen [2]. Bezeichnen also P'; p' die specifischen Gewichte, P; p die absoluten, V; v die Volumina, so ist allgemein

$$P' : p' = \frac{P}{V} : \frac{p}{v}.$$

Indem die Bestimmung des specifischen Gewichtes auf einer Vergleichung des Volumens und des absoluten Gewichtes der verglichenen Körper beruhet, so kann entweder einer von zweien als Einheit für einen einzelnen andern angenommen werden, oder man bestimmt einen gewissen einzelnen Körper als normale Einheit für alle übrigen. Man ist ganz allgemein aus genügenden Gründen darin übereingekommen, das reine oder destillirte Wasser als normale Einheit für alle übrige Körper an-

1 Biot Traité. I. p. 344 sagt: pesanteur spécifique, ou plus exactement poids spécifique.

2 Vergl. *Araeometer.* Th. I. S. 350.

zunehmen, weil dieses im nicht verunreinigten Regenwasser überall in gröſster Menge zu erhalten ist, und sich auſserdem zu den für die meisten Bestimmungen erforderlichen Versuchen am besten eignet. Allein nicht bloſs die Flüssigkeiten überhaupt dehnen sich, wie alle Körper, durch den Einfluſs der Wärme aus, sondern auch selbst das als Normal-Einheit dienende Wasser, welches bekanntlich noch auſserdem seine gröſste Dichtigkeit schon einige Grade über dem Gefrierpuncte erhält. Zur sicheren Grundlage einer Vergleichung muſs daher die durch Wärme veränderliche Dichtigkeit des Wassers selbst erst genau bestimmt werden, und hierin liegt der Grund, warum so viele Physiker hierauf groſse Mühe und vielen Fleiſs verwandt haben. Die Resultate ihrer Bemühungen sind oben [1] genügend vollständig mitgetheilt, wozu seitdem noch eine sehr schätzbare Arbeit von Hällström [2] gekommen ist. Unterdeſs habe ich selbst vier Reihen von Versuchen angestellt, um das Gesetz der Ausdehnung des Wassers durch Wärme genau zu finden, deren Resultate zwar noch nicht durch das gelehrte Publicum geprüft sind, inzwischen muſs ich sie für genauer halten als diejenigen, welche wir bis jetzt besitzen [3]. Indem es aber für die Bestimmung des specifischen Gewichtes im Allgemeinen von höchster Wichtigkeit ist, die Dichtigkeitsveränderung des Wassers zu kennen, so theile ich hier die aufgefundene Formel und eine Tabelle des Volumens und der Dichtigkeit des reinen Wassers von 5 zu 5 Graden der hunderttheiligen Thermometerscale mit, welche für einzelne Grade leicht interpolirt werden kann. Ist demnach das Volumen des reinen Wassers bei 0° C. = 1, so ist die Volumensvermehrung

$$\triangle V = -\,0{,}0000594732\,t + 0{,}000008210029\,t^2$$
$$-\,0{,}00000006214072\,t^3 + 0{,}0000000002891574\,5\,t^4.$$

1 S. *Ausdehnung* Th. 1. S. 601. ff.

2 G.LXXVII. 129 ff. LXXXV. 530.

3 Die ausführliche Abhandlung, welche von der Art der Versuche und Berechnungen vollständige Auskunft giebt, ist so eben für die Commentarien der Petersburger Akademie d. Wiss. abgesandt, und wird auf diesem oder einem andern Wege bekannt werden. Eine erschöpfende Mittheilung würde hier zu viel Raum erfordern; unterdeſs kann ich versichern, daſs es auf unpartheiischer Prüfung beruhet, wenn ich den erhaltenen Resultaten den Vorzug vor andern gebe.

Aus dieser Gleichung folgt in genauester Uebereinstimmung mit den Versuchen unmittelbar der *Punct der gröfsten Dichtigkeit des Wassers* bei 3°,78 C. Die nachfolgende Tabelle enthält in den beiden ersten Columnen das Volumen und die Dichtigkeit des Wassers für das Volumen = 1 bei 0° C., in den beiden andern die nämlichen Gröfsen für das Volumen = 1 bei 3°,78 C.

t	Volumen	Dichtigkeit	Volumen	Dichtigkeit.
0	1,000000	1,000000	1,000111	0,999889
5	0,999900	1,000099	1,000011	0,999989
10	1,000167	0,999833	1,000278	0,999722
15	1,000760	0,999240	1,000871	0,999129
20	1,001643	0,998359	1,001754	0,998248
25	1,002786	0,997221	1,002897	0,997111
30	1,004161	0,995856	1,004272	0,995746
35	1,005745	0,994287	1,005856	0,994178
40	1,007520	0,992535	1,007631	0,992426
45	1,009472	0,990617	1,009583	0,990508
50	1,011591	0,988542	1,011702	0,988433
55	1,013872	0,986318	1,013982	0,986210
60	1,016313	0,983950	1,016423	0,983842
65	1,018918	0,981433	1,019028	0,981326
70	1,021694	0,978766	1,021805	0,978660
75	1,024654	0,975938	1,024765	0,975833
80	1,027814	0,972938	1,027925	0,972834
85	1,031194	0,969749	1,031305	0,969645
90	1,034819	0,966352	1,034930	0,966248
95	1,038720	0,962724	1,038831	0,962621
100	1,042928	0,958839	1,043039	0,958737

Bei den nachfolgenden Untersuchungen über das specifische Gewicht der verschiedenen Körper wird demnach sowohl auf ihre eigene durch Wärme veränderliche Dichtigkeit, als auch auf die des Wassers gehörige Rücksicht genommen werden, wobei ich hinsichtlich des letzteren die so eben mitgetheilten, hinsichtlich der übrigen Körper aber die im Art. *Ausdehnung* enthaltenen Bestimmungen zum Grunde lege [1].

1 Die Untersuchnng über das spec. Gew. der verschiedenen Körper findet sich eben so vollständig als gründlich in Biot Traité de Phys. expér. et math. T. I. d. 344. ff., so dafs ich es für unrecht halten würde, ihm nicht zu folgen.

A. Specifisches Gewicht der Gasarten.

Bei der Bestimmung des spec. Gew. der Gasarten nimmt man die atmosphärische Luft bei einem gewissen Barometerstande und einer bestimmten Temperatur als Einheit an, wobei es dann nicht schwierig ist, die gefundenen Werthe sämmtlich auf Wasser zu reduciren, wenn das Gewichtsverhältniſs der atmosphärischen Luft zu demselben mit hinlänglicher Genauigkeit gefunden ist [1]. Um aber das spec. Gew. der atmosphärischen Luft zu finden, ist erforderlich, das absolute Gewicht eines gegebenen Volumens derselben zu suchen, welches auf folgende Weise geschieht. Man nimmt einen mindestens 0,5 Cub. F. haltenden Ballon von dünnem Glase, oben mit einer messingnen Fassung, welche auf eine Luftpumpe aufgeschroben und vermittelst eines Guerick'schen Hahns verschlossen werden kann, exantlirt diesen möglichst luftleer, hängt ihn an eine feine Waage und bestimmt sein Gewicht = P, öffnet den Hahn und läſst atmosphärische Luft einströmen, bestimmt das Gewicht abermals = P′, so ist P′ — P das Gewicht der hineingelassenen Luft. Eine nöthige Vorsichtsmaſsregel hierbei ist, daſs man den Hahn nicht sogleich nach dem Hineinlassen der Luft schlieſst, weil die Luft durch die erlittene Condensirung Wärme entwickelt, dadurch ausgedehnt wird, so daſs der Ballon nicht ganz gefüllt seyn würde; auch ist nicht zu bezweifeln, daſs der exantlirte Ballon durch den äuſsern Luftdruck etwas zusammengedrückt wird, und sich beim Hineinlassen der Luft wieder ausdehnt. Die hieraus erwachsende Correction ist unbe-

1 Die Bestimmungen des spec. Gew. der atmosphärischen Luft lieſsen sich bis auf Aristoteles zurückführen s. *Barometer.* Th. I. S. 762. Galilei bestimmte das Verhältniſs des Wassers zu derselben wie 400 zu 1. Mersenne trieb die Luft durch Glühhitze aus einem Gefäſse, wog dieses, tauchte die Oeffnung desselben unter Wasser, so daſs es sich um den Antheil der entfernten Luft damit füllte, wog dieses gleichfalls, und fand das Verhältniſs = 1300 : 1. R. Boyle wog exantlirte und luftvolle Gefäſse, und fand 938 : 1; Hawksbee auf gleiche Weise 850 : 1; derselbe, Halley und Cotes durch ähnliche Versuche vor der Königl. Ges. in London = 840 : 1 und 852 : 1 und 860 : 1; Cavendish = 800 : 1. Schuckburgh durch sehr genaue Versuche bei 29,27 eng. Z. Bar. und 51° F. = 836 : 1, welche Gröſse der Wahrheit sehr nahe kommt. Vergl. Hutton Dict. I. 52. Alle diese Bestimmungen stehen indeſs der durch Biot erhaltenen weit nach.

deutend, und man hat sie bisher vernachlässigt. Auf gleiche Weise bestimmt man das Gewicht der übrigen Gasarten. Ist dann das Gewicht des leeren Ballons $= \pi$, des mit einer Gasart gefüllten $= \pi'$, so ist $\pi' - \pi$ das absolute Gewicht des gegebenen Volumens der Gasart, und $\frac{\pi' - \pi}{P' - P}$ das specifische Gewicht derselben gegen atmosphärische Luft als Einheit angenommen. Diese Bestimmung erfordert aber verschiedene Correctionen, welche aus der Natur der Sache nothwendig folgen. Dasjenige aber, was nicht füglich durch Rechnung corrigirt werden kann, ist die gehörige Reinheit der zu den Versuchen angewandten Gasarten rücksichtlich einer Beimischung theils fremder Gase theils der Feuchtigkeit, obgleich für die letztere sich eine Correction anbringen läfst, welche aber weit sicherer durch gehörige Sorgfalt bei den Versuchen selbst vermieden wird. Biot ist sehr ausführlich in der Angabe der bei solchen Versuchen zu beobachtenden Vorsichtsmafsregeln; mir scheint indefs folgendes Verfahren, welches ich aus eigener Erfahrung kenne, hinlängliche Genauigkeit zu geben.

Dafs zuvörderst die für die Versuche bestimmten Gasarten so rein wie möglich bereitet sind, mufs ich voraussetzen, und halte ich es für überflüssig, hierüber Regeln anzugeben, welche aufserdem lediglich in das Gebiet der Chemie gehören. Um sie demnächst von aller Feuchtigkeit zu befreien, ist erforderlich, sie vor ihrem Eintritte in das mit Quecksilber gefüllte Gefäfs durch ein etwas langes, mit frischem, gerade bis zur Trockne abgedampften, fein zerriebenen, salzsauren Kalke gefülltes Rohr langsam streichen zu lassen. Weil aber das Quecksilber der pneumatischen Wanne selbst nicht ganz frei von Feuchtigkeit und atmosphärischer Luft ist, so entfernt man beide am besten, wenn das zum Auffangen der Gasarten bestimmte Gefäfs, aus einem 12 bis 14 Z. hohen Cylinder bestehend, oben mit einer Fassung und einem Hahne versehen ist, worauf ein anderer exantlirter Ballon geschroben wird, welcher das Quecksilber der pneumatischen Wanne in jenem Cylinder nach Oeffnung der Hähne in die Höhe saugt, womit man bei wiederholtem Exantliren des Ballons so lange fortfahren mufs, bis das aufsteigende Quecksilber der pneumatischen Wanne in die zum Hahne des Cylinders führende enge Röhre steigt. Will man die Vorsicht noch weiter treiben, so fülle man alsdann erst den Cylinder mit

der zu prüfenden Gasart, und nehme diese abermals auf die angegebene Weise heraus, ohne Gebrauch davon zu machen, um mit ihr jeden Antheil einer andern, dem Quecksilber und den Wänden des Cylinders adhärirenden verunreinigenden bis auf eine verschwindende Gröſse zu entfernen. Auſserdem müssen die Canäle zwischen dem verschlieſsenden Hahne des Cylinders und des zum Wägen bestimmten Ballons möglichst kurz und sehr enge seyn, damit der Antheil der in ihnen unvermeidlich zurückbleibenden atmosphärischen Luft verschwindend klein werde. Es versteht sich wohl von selbst, daſs der zum Wägen der Luft bestimmte Ballon ursprünglich trocken sey. Um aber auch denjenigen Antheil von Feuchtigkeit daraus zu entfernen, welcher sich aus der atmosphärischen Luft durch Abkühlung abgesetzt haben könnte, pflege ich den vorher exantlirten Ballon auf eine Campane zu schrauben, welche über frischen salzsauren Kalk auf einen zur Luftpumpe gehörigen Reserve-Teller mit etwas Pomade gestellt ist, ihn auf diese Weise wiederholt mit trockner Luft zu füllen und zu exantliren [1]. Auf diese Weise läſst sich der geringste Antheil von Feuchtigkeit daraus entfernen, und man kann sich der hierfür erforderlichen Correction entheben. Welche Correctionen übrigens bei diesen Wägungen zu beachten sind, zeigen folgende Betrachtungen.

Ist das genau bestimmte innere, durch Wägung mit Wasser gefundene [2], Volumen des Ballons bei 0° Temperatur und einem Barometerstande = H durch V bezeichnet, und man nimmt an, daſs die Temperatur auf t steigt oder fällt, der Barometerstand in h sich verwandelt, so würde ohne Rücksicht auf den Widerstand der Wände dieses Volumen in

1 Vergl. meine physikalischen Abhandl. Giess. 1816. im Anf.

2 Die Fassung eines solchen Ballons muſs sich abschrauben lassen. Wird er dann mit Wasser gefüllt bei einer gegebenen Temperatur gewogen, und nachher wenn er wieder leer ist, so giebt der Unterschied dieser Gewichte, für die Ausdehnung des Wassers durch die Wärme corrigirt, sein Volumen. Die Reinigung desselben vom Wasser ist dann schwierig, und nicht gut anders zu bewerkstelligen, als wenn man ihn erwärmt und öfters die Luft mit einer hineingesenkten Glasröhre heraussaugt, ein bei etwas groſsen Ballons mühsames und langweiliges Verfahren. Dabei muſs die im wasserleeren Ballon enthaltene Luft entweder durch Rechnung corrigirt, oder er muſs vor dem Wägen exantlirt werden.

$$V\,(1 + t.\,0{,}00375)\,\frac{H}{h}$$

verwandelt werden. Indem aber die Wände des Ballons gleichfalls durch Wärme ausgedehnt werden, so wird für die cubische Ausdehnung des Glases $= K$ das Volumen des Ballons

$$V\,(1 + Kt)$$

und wenn dann das absolute Gewicht der im Ballon enthaltenen Luft durch X ausgedrückt wird, so muſs dieses der letzteren Gröſse direct, der ersteren aber umgekehrt proportional seyn, und man erhält also

$$X\,\frac{(1+Kt)\,h}{(1+0{,}00375t)\,H}.$$

Ist das Gewicht des Ballons dann $= P$, so muſs man berücksichtigen, daſs er so viel weniger wiegt, als die Quantität Luft beträgt, welche er aus der Stelle treibt. Letztere ist dem eben gefundenen Gewichte der in ihm enthaltenen Luft, und auſserdem noch demjenigen Volumen derselben gleich, welches durch seine Wände und die Fassung aus der Stelle getrieben wird. Wird letzteres $= e$, sein corrigirtes Gewicht aber (P) genannt, so ist

$$(P) = P + \frac{X\,(1+Kt)\,h}{(1+0{,}00375t)\,H} + e \;.\;.\;.\;.\quad (1)$$

Wird der Ballon bei einer Temperatur $= t'$ und einem Barometerstande $= h'$ mit einer Gasart gefüllt, deren Gewicht bei 0° Temperatur und einem Barometerstande $= H$ durch Y ausgedrückt seyn mag, so wird dasselbe

$$Y\,\frac{(1+Kt')\,h'}{(1+0{,}00375t')\,H}$$

seyn. Wird dann der Ballon abermals bei einem Barometerstande $= h''$ und einer Temperatur $= t''$ in der atmosphärischen Luft gewogen, so verliert er durch den aërostatischen Einfluſs der Luft

$$\frac{X\,(1+Kt'')\,h'}{(1+0{,}00375t'')\,H} + e''$$

und ist sein hierbei gefundenes Gewicht $= P''$, so ist sein corrigirtes

$$(P) = P' + \frac{X\,(1+Kt'')\,h''}{(1+0{,}00375t'')\,H} + e'' - \frac{Y\,(1+Kt')\,h'}{(1+0{,}00375t')\,H}.\quad (2)$$

Setzt man die beiden gefundenen Werthe von (P) einander gleich, so ist

$$0 = P'' - P + \frac{X\,(1+Kt'')\,h''}{(1+0{,}00375\,t'')\,H} - \frac{X\,(1+Kt)\,h}{(1+0{,}00375\,t)\,H} - \frac{Y\,(1+Kt')\,h'}{(1+0{,}00375\,t')\,H} + e'' - e.$$

und weil der Unterschied von e″ und e als unmerklich vernachläsigt werden kann, wenn beide Wägungen bei nicht sehr verschiedenen Barometer- und Thermometerständen vorgenommen werden, wie sich in der Regel voraussetzen läſst, so ist

$$0 = P'' - P + \frac{X\,(1+Kt'')\,h''}{(1+0{,}00375\,t'')\,H} - \frac{X\,(1+Kt)\,h}{(1+0{,}00375\,t)\,H} - \frac{Y\,(1+Kt')\,h'}{(1+0{,}00375\,t')\,H} \ldots\ldots (3)$$

Ist das gewogene Gas atmosphärische Luft, so wird $Y = X$, und man hat

$$X = \frac{(P'' - P)\,H}{\frac{(1+Kt)\,h}{1+0{,}00375\,t} + \frac{(1+Kt')\,h'}{1+0{,}00375\,t'} - \frac{(1+Kt'')\,h''}{1+0{,}00375\,t''}}$$

Hat man X auf diese Weise durch Versuche gefunden, so kann man für jede beliebige Gasart auch Y finden, denn es ist dann

$$Y = \frac{(P'' - P)\,H + \frac{X\,(1+Kt'')\,h''}{1+0{,}00375\,t''} - \frac{X\,(1+Kt)\,h}{1+0{,}00375\,t}}{\frac{(1+Kt')\,h'}{1+0{,}00375\,t'}}$$

Die Bestimmung des cubischen Inhalts eines zu solchen Versuchen bestimmten Ballons findet man am sichersten durch Abwägung desselben mit Wasser, weil das Gewicht eines gegebenen Volumens des letztern als genau bekannt angesehen werden kann. Dabei kommen indeſs einige Correctionen vor, welche unten bei der Bestimmung des spec. Gew. der Flüssigkeiten näher angegeben werden sollen. Minder genau würde sein Inhalt durch Einfüllen des Wassers aus tarirten Gefäſsen gefunden werden.

Es ergiebt sich aus dem bloſsen Anblick der Formel, wodurch der Werth von Y gefunden wird, daſs die beiden Glieder, worin X vorkommt, verschwinden, wenn h und h″; t und t″ einander gleich sind, also wenn beide Wägungen, sowohl des vollen als auch des leeren Ballons bei gleicher Tem-

peratur und gleichem Barometerstande vorgenommen wurden. Dadurch würde allerdings die Formel viel einfacher werden, allein Biot, welcher mit Arago die feinen Wägungen der Gase angestellt hat, versichert, daſs man hierauf nicht rechnen könne, und ich gebe diesem vollkommen Beifall, denn solche Versuche erfordern längere Zeit als man glaubt, und dann ist auf völlige Gleichheit jener Werthe nicht zu rechnen, welche bei einiger Verschiedenheit von zu groſsem Einflusse sind, als daſs man sie vernachlässigen dürfte. Dagegen schlägt Biot sehr sinnreich ein Mittel vor, wodurch die Rechnung bei gröſserer Genauigkeit vereinfacht wird, nämlich die Wägung des leeren Ballons zu wiederholen, nachdem man ihn mit dem Gas erfüllt gewogen hat. Sind hierbei h'''; t''' und P''' die veränderten Werthe des Barometerstandes, der Temperatur und des Gewichtes des Ballons, so erhält man für diese Wägung mit der des vollen Ballons verglichen

$$Y = \frac{(P'' - P''')\,H + \dfrac{X(1+Kt'')\,h''}{1+0{,}00375\,t''} - \dfrac{X(1+Kt''')\,h'''}{1+0{,}00375\,t'''}}{\dfrac{(1+Kt')\,h'}{1+0{,}00375\,t'}}$$

und da dieser Werth von Y dem oben gefundenen gleich seyn muſs, so kann man beide zusammennehmen, und erhält $2Y =$

$$\frac{(2P''-P-P''')H + \dfrac{2X(1+Kt'')h'}{+0{,}00375t''} - \dfrac{X(1+Kt)h}{1+0{,}00375t} - \dfrac{X(1+Kt''')h'''}{1+0{,}00375t'''}}{\dfrac{(1+Kt')\,h'}{1+0{,}00375t'}}$$

In der Regel kann man annehmen, daſs die Temperaturen und Barometerstände t'' und h'', welche der in der Mitte liegenden Wägung des vollen Ballons zugehören, das arithmetische Mittel zwischen den bei der ersten und letzten Wägung des leeren Ballons erhaltenen Werthen von t; h und t'''; h''' ausmachen, und wenn dieses sich von der Wahrheit nicht merklich entfernt, so verschwinden die Glieder für X von selbst, und man erhält

$$Y = \frac{\left[P'' - \dfrac{P+P'''}{2}\right](1+0{,}00375\,t')\;H}{(1+Kt')\,h'}$$

als einfachen Ausdruck, um das Gewicht der gewogenen Gasarten zu finden.

Es ist oben angegeben, daſs man bei solchen Versuchen

sich bestreben müsse, trockene Gase zu den Versuchen anzuwenden, und es ist nicht schwer, dieses zu erreichen. Weil indeſs die Wägung in atmosphärischer Luft geschieht, welche nie frei von Dämpfen ist, und um so mehr enthält, je wärmer sie ist, so verdient dieses allerdings Berücksichtigung. Wenn beide Wägungen, sowohl des leeren als auch des erfüllten Ballons bei nicht bedeutend verschiedener Temperatur geschehen, der Ballon aber, bei unveränderter Gröſse, beidemale eine gleiche Quantität Luft aus der Stelle treibt, so läſst sich leicht zeigen, daſs die für den Feuchtigkeitszustand der Luft erforderliche Correction als eine verschwindende Gröſse füglich vernachlässigt werden kann. Weil indeſs Biot sie in seine Formeln mit aufgenommen hat, und die Sache unten bei der Bestimmung des spec. Gew. der Flüssigkeiten abermals vorkommt, so möge sie hier gleichfalls mitgetheilt werden.

Es ist oben im Art. *Dampf* gezeigt, daſs die Dichtigkeit [1] des Wasserdampfes im Zustande seiner Sättigung bei gleicher Temperatur und unter gleichem Drucke nach meinen Versuchen $\frac{10}{15,73}$ der atmosphärischen Luft beträgt. Gay-Lüssac fand statt dessen $\frac{10}{16}$ oder $\frac{5}{8}$, und da diese Bestimmung von jener nur unbedeutend abweicht, zur Berechnung aber weit bequemer ist, so wähle ich diese gleichfalls. Ist dann nach dem oben gefundenen Ausdrucke der Inhalt des Ballons

$$\frac{X\,(1+Kt)\,h}{(1+0{,}00375\,t)\,H}$$

so ist, die Spannung des Dampfes $=\varepsilon$ angenommen, das in der Luft enthaltene Gewicht Dampf

$$\frac{5}{8}\cdot\frac{X\,(1+Kt)\,\varepsilon}{(1+0{,}00375\,t)\,H}$$

1 Th. II. S. 377. Diese Dichtigkeit des Dampfes ist für niedrigere Temperaturen die richtigste. Aus allen meinen Versuchen folgt eine Dichtigkeit $=\frac{10}{15,224}$. S. Ebend. S. 384. Ueber den Einfluſs der Feuchtigkeit auf das spec. Gew. der Gasarten ist von einigen englischen Gelehrten z. B. Apjohn, Sylvester u. a. verschiedentlich gehandelt, ohne die Sache auf eine einfache Weise deutlich zu machen. S. Ann. of Phil. N. S. III. 385. IV. 29; 195; 260 u. a. a. O. Die ganze Aufgabe läſst sich wie ich glaube, aus demjenigen leicht vollständig beurtheilen, was ich Th. II. S. 398 dieses Wörterbuches über die Verbindungen der Gase und Dämpfe gesagt habe. Gehaltreiche Untersuchungen über diesen Gegenstand von Gay-Lüssac u. Thénard finden sich in Recherches physico-chimiques. II. 74.

und da dieses ein Volumen von Luft, dessen Gewicht

$$\frac{X\,(1+Kt)\,\varepsilon}{(1+0{,}00375\,t)\,H}$$

beträgt, aus dem Ballon verdrängt, so ist das Totalgewicht der im Ballon enthaltenen elastischen Flüssigkeiten

$$\frac{X\,(1+Kt)\,h}{(1+0{,}00375)\,H}-\frac{X\,(1+Kt)\,\varepsilon}{(1+0{,}00375)\,H}+\frac{5}{8}\cdot\frac{X\,(1+Kt)\,\varepsilon}{(1+0{,}00375)\,H}$$

$$=\frac{X\,(1+Kt)\,(h-\frac{3}{8}\varepsilon)}{(1+0{,}00375\,t)\,H}.$$

Wird der Ballon also in feuchter atmosphärischer Luft gewogen, und sein Gewicht = P gefunden, so beträgt nach der oben mitgetheilten Formel sein ganzes Gewicht

$$(P)=P+X\frac{(1+Kt)\,(h-\frac{3}{8}\varepsilon)}{(1+0{,}00375\,t)\,H}+e. \quad (1)$$

Biot behauptet nach eigenen Versuchen und nach den Erfahrungen Smeaton's, dafs beim Exantliren der Ballons man zwar die Luft vollständig daraus entfernen könne, dennoch aber stets derjenige Antheil von Dampf, welcher der jedesmaligen Temperatur zugehört, als Folge der Verbindung seines Raumes mit denen der Canäle und Ventile der Luftpumpen, in ihm zurückbleibe. Wird demnach der Ballon auch mit trocknem Gase gefüllt, welches sehr räthlich ist, um einen entstehenden Niederschlag zu vermeiden, so ist nach den oben mitgetheilten Bestimmungen das absolute Gewicht der im Ballon enthaltenen Mischung von Gas und Dampf

$$\frac{Y\,(1+Kt')\,h'}{(1+0{,}00375\,t')\,H}-\frac{Y\,(1+Kt')\,\varepsilon'}{(1+0{,}00375\,t')\,H}+\frac{5}{8}\frac{X\,(1+Kt')\,\varepsilon'}{(1+0{,}00375\,t')\,H}$$

$$=\frac{Y\,(1+Kt')\,(h'-\varepsilon')}{(1+0{,}00375\,t')\,H}+\frac{5}{8}\frac{X\,(1+Kt')\,\varepsilon'}{(1+0{,}00375\,t')\,H}.$$

Wird dieser so gefüllte Ballon wieder in der feuchten atmosphärischen Luft gewogen, deren Temperatur und Druck = t'' und h'' sind, wodurch also zugleich ε' in ε'' und e' in e'' verwandelt werden, und ist sein Gewicht = P'' gefunden, so ist sein corrigirtes Gewicht

$$(P)=P''+\frac{X\,(1+Kt'')\,(h''-\frac{3}{8}\varepsilon'')}{(1+0{,}00375\,t'')\,H}-\frac{Y\,(1+Kt')\,(h'-\varepsilon')}{(1+0{,}00375\,t')\,H}$$

$$-\frac{5}{8}\frac{X\,(1+Kt')\,\varepsilon'}{(1+0{,}00375\,t')\,H}+e''\;\ldots\;(2)$$

Zieht man die Gleichung 1 von der Gleichung 2 ab, so ver-

schwindet (P) aus beiden, und man erhält, wenn der unbedeutende Unterschied $e'' - e' = 0$ gesetzt wird

$$0 = P'' - P + \frac{X(1+Kt'')(h''-\frac{3}{8}\varepsilon'')}{(1+0{,}00375\,t'')\,H} - \frac{X(1+Kt)(h-\frac{3}{8}\varepsilon)}{(1+0{,}00375\,t)\,H}$$
$$- \frac{Y(1+Kt')(h'-\varepsilon')}{(1+0{,}00375\,t')\,H} - \frac{5}{8}\,\frac{X(1+Kt')\varepsilon'}{(1+0{,}00375\,t')\,H}. \quad (3)$$

Ist das hineingelassene Gas atmosphärische Luft, so ist $Y = X$, und man findet aus der Gleichung

$$Y = \frac{(P''-P)\,H}{\frac{(1+Kt)(h-\frac{3}{8}\varepsilon)}{1+0{,}00375\,t} + \frac{(1+Kt')(h'-\frac{3}{8}\varepsilon')}{1+0{,}00375\,t'} - \frac{(1+Kt'')(h''-\frac{3}{8}\varepsilon'')}{1+0{,}00375\,t''}} \quad (4)$$

und wenn auf diese Weise X gefunden ist, und als bekannt in die Gleichung substituirt wird, so ist

$$Y = \frac{1}{\frac{(1+Kt')(h'-\varepsilon')}{1+0{,}00375\,t'}} \left\{ \begin{array}{l} (P''-P)\,H - \frac{5}{8}\,\frac{X(1+Kt')\varepsilon'}{1+0{,}00375\,t'} \\ + \frac{X(1+Kt'')(h''-\frac{3}{8}\varepsilon'')}{1+0{,}00375\,t''} - \frac{X(1+Kt)(h-\varepsilon)}{1+0{,}00375\,t} \end{array} \right\} \quad (5)$$

woraus das spec. Gew. der Gasarten $= \frac{Y}{X}$ gefunden wird. Biot schlägt vor, das Gas im Ballon durch ein Alkali auszutrocknen, dadurch $\varepsilon = 0$ zu machen und die Formel abzukürzen, allein dieses Mittel scheint mir unsicher, weil zu leicht von dem gebrauchten Alkali etwas zurückbleiben kann, das Verfahren auch eine zu vielfache Manipulation des Ballons erfordert. Ungleich räthlicher ist es, den Ballon, nachdem er zuerst leer, dann mit Gas gefüllt gewogen ist, abermals zu exantliren, nochmals zu wiegen, und aus der Vergleichung der zweiten mit der dritten Wägung für die veränderten Werthe P'''; t'''; h''' und ε''' für das absolute Gewicht, die Temperatur, den Luftdruck und die hieraus folgende Spannung des Wasserdampfes den Werth von Y auf die angegebene Weise zu suchen. Indem dann beide Werthe von Y einander gleich seyn müfsten, so hat man ohne weitläuftige Rechnung aus den drei Wägungen

$$Y = \frac{\left[P'' - \frac{P+P'''}{2}\right] H - \frac{5}{8}\,\frac{X(1+Kt')\varepsilon'}{1+0{,}00375\,t'}}{\frac{(1+Kt')(h'-\varepsilon')}{1+0{,}00375\,t'}} \quad (6)$$

Bei allen diesen Formeln ist allezeit angenommen, daſs das ganze innere Volumen des leeren und mit Luft erfüllten Ballons in Rechnung komme. Biot glaubt dieses bei der Benutzung der vortrefflichen, durch Fortin verfertigten Luftpumpe des Institutes voraussetzen zu dürfen, und empfiehlt nur den Feuchtigkeitszustand der Luft auch in sofern zu berücksichtigen, als sich an der Auſsenseite des Ballons eine sehr dünne Schicht derselben anzulegen pflege, welche bei allen Wägungen sorgfältig unverändert zu erhalten sey. Mir scheint indeſs hieraus kein Fehler zu erwachsen, wenn der Ballon vor den Versuchen mit trokkenen Tüchern hinlänglich gereinigt ist, man bei nicht feuchter Witterung in trockenen Zimmern operirt, und die Exantlirung nicht so schnell geschieht, daſs durch plötzliche Abkühlung des Ballons sich eine nicht wahrnehmbare Schicht Feuchtigkeit auf der Oberfläche desselben ansetzen könnte, welche indeſs nach Wiederherstellung der Temperatur wieder verschwinden würde. Selbst die Feuchtigkeit im Innern des Ballons kann vernachlässigt werden, wenn für die völlige Trockenheit desselben vor den Versuchen gesorgt ist, man denselben nach dem ersten Exantliren einigemale mit völlig ausgetrockneter Luft füllt, dann exantlirt, und die Gasarten demnächst vor dem Hineinbringen und Wägen hinlänglich ausgetrocknet werden. Diesem Verfahren gebe ich auf allen Fall den Vorzug, schon deswegen, weil die Correction wegen der Feuchtigkeit den Sättigungszustand der Luft mit Wasserdampf voraussetzt. Dagegen scheint es mir nothwendig, in Beziehung auf den aërostatischen Einfluſs der äuſseren Luft auf das Gewicht des Ballons ihren Feuchtigkeitszustand durch das Hygrometer zu erforschen, und diesen in Rechnung zu bringen. Zugleich scheint es mir ganz unnachläſslich, den Rest der im Ballon nach dem Exantliren zurückbleibenden Luft zu berücksichtigen, wobei Biot bemerkt, daſs es dann auf zu sehr verwickelte Untersuchungen führen würde, wenn man den Rest der noch etwa vorhandenen Feuchtigkeit nicht vernachlässigen wollte. Um so mehr bin ich der Meinnng, daſs solche Versuche nur mit ausgetrockneten Gasarten angestellt werden müssen, und zwar sonst der Feuchtigkeitszustand hinsichtlich des Sättigungsgrades mit Dampf so äuſserst schwer bestimmbar ist, und sich bei jeder Veränderung der Temperatur ändert.

Ist demnach beim Exantliren der Unterschied der Quecksilberhöhen in beiden Schenkeln eines für solche Versuche

eigends und mit grofser Sorgfalt bereiteten Heberbarometers $= \Theta$ in dem nämlichen Mafse ausgedrückt, worin das Barometer gemessen wird, so ist der im Ballon bleibende Antheil Luft

$$\frac{X\,(1+Kt)\,\Theta}{(1+0{,}00375\,t)\,H}$$

und da er um diese Gröfse mehr wiegt, als er im leeren Raume gewogen und völlig leer wiegen würde, so ist sein für diese Gröfse und das Gewicht der verdrängten Luft corrigirtes Gewicht

$$(P) = P + \frac{X(1+Kt)(h-\frac{3}{8}\varepsilon)}{(1+0{,}00375\,t)\,H} - \frac{X(1+Kt)\,\Theta}{(1+0{,}00375\,t)\,H} + e \quad (1)$$

Wenn dann vorausgesetzt wird, dafs die Temperatur t der im Ballon gebliebenen Luft sich nicht ändert, oder der Einflufs einer geringen Aenderung als unbedeutend vernachlässigt werden kann, und man läfst in den leeren Ballon trockenes Gas, bis er damit ganz angefüllt ist, so ist das Totalgewicht dieser Mischung bei einer Temperatur $= t'$ und einem Barometerstande $= h'$:

$$\frac{Y\,(1+Kt')\,(h'-\Theta)}{(1+0{,}00375\,t')\,H} + \frac{X\,(1+Kt''')\,\Theta}{(1+0{,}00375\,t)\,H}$$

Wird er dann abermals bei einer Temperatur $= t''$, einem Barometerstande $= h'$ gewogen, so ist sein corrigirtes Gewicht

$$(P) = P'' + \frac{X(1+Kt'')(h''-\frac{3}{8}\varepsilon'')}{(1+0{,}00375\,t'')\,H} - \frac{Y(1+Kt')(h'-\Theta)}{(1+0{,}00375\,t')\,H}$$
$$- \frac{X\,(1+Kt)\,\Theta}{(1+0{,}00375\,t)\,H} + e'' \quad .\ .\ .\ .\ (2)$$

wenn in beiden Gleichungen P und P'' sein uncorrigirtes Gewicht bezeichnet. Wird die Gleichung 1 von der Gleichung 2 abgezogen und $e'' - e = 0$ gesetzt, so erhält man

$$0 = P'' - P + \frac{X(1+Kt'')(h''-\frac{3}{8}\varepsilon'')}{(1+0{,}00375\,t'')\,H} - \frac{X(1+Kt)(h-\frac{3}{8}\varepsilon)}{(1+0{,}00375\,t)\,H}$$
$$- \frac{Y(1+Kt')\,(h'-\Theta)}{(1+0{,}00375\,t')\,H} \quad .\ .\ .\ .\ .\ .\ (3)$$

eine Gleichung, welche mit der oben unter Nr. 3. gegebenen gleich ist, mit Ausnahme des letzten Gliedes, welches die Feuchtigkeit im Ballon corrigirt, und dafs im dritten Gliede der im Ballon gebliebene Antheil Luft corrigirt ist. Hieraus findet man

$$Y = \frac{(P'' - P)H + \frac{X(1 + Kt'')(h'' - \frac{3}{8}\varepsilon'')}{1 + 0{,}00375\,t''} - \frac{X(1 + Kt)(h - \frac{3}{8}\varepsilon)}{1 + 0{,}00375\,t}}{\frac{(1 + Kt')(h' - \Theta)}{1 + 0{,}00375\,t'}}$$

Diese Gleichung läſst sich auf gleiche Weise vereinfachen, wenn man den Ballon abermals bis auf die Spannung der inneren Luft $= \Theta$ exantlirt, eine neue Wägung vornimmt, welche den veränderten Gröſsen P'''; t''; h''' und ε''' zugehört, die erhaltenen Werthe mit denen bei der zweiten Wägung (des lufterfüllten Ballons) gefundenen vergleicht, und hieraus

$$Y = \frac{(P'' - P''')H + \frac{X(1 + Kt'')(h'' - \frac{3}{8}\varepsilon'')}{1 + 0{,}00375\,t''} - \frac{X(1 + Kt''')(h''' - \frac{3}{8}\varepsilon''')}{1 + 0{,}00375\,t'''}}{\frac{(1 + Kt')(h - \Theta)}{1 + 0{,}00375\,t'}}$$

erhält. Wenn dann die Veränderungen der Temperatur und des Luftdruckes nicht sehr bedeutend sind, wie sich bei solchen Versuchen voraussetzen läſst, so erhält man auf gleiche Weise wie oben

$$Y = \frac{\left[P'' - \frac{P + P'''}{2}\right](1 + 0{,}00375\,t')\,H}{(1 + Kt')(h' - \Theta)}$$

Diese letztere Formel gewährt die sichersten Resultate, wenn man nur dafür sorgt, daſs der Ballon vorher hinlänglich ausgetrocknet ist, welches durch wiederholtes Anfüllen mit trockner Luft und Exantliren sicher bewerkstelligt werden kann, daſs die zum Gewogenwerden in den Ballon gebrachten Gase hinlänglich trocken sind, welches man durch Anwendung des salzsauren Kalkes gleichfalls eben so leicht als sicher erreicht, und daſs der Ballon völlig genau schlieſst, um nach dem Exantliren keine Luft eindringen zn lassen. Letzteres ist schwieriger, als man gemeiniglich glaubt; denn so unbedeutend es ist, die Hähne so genau einzuschleifen, daſs sie ohngefähr luftdicht schlieſsen, so schwer ist eben dieses, wenn es darauf ankommt, daſs auch nicht der geringste Antheil von Luft eindringt. Man muſs daher den Ballon exantliren, den Barometerstand hierbei genau bemerken, dann den Ballon einige Tage stehen lassen, abermals auf die Luftpumpe schrauben, durch einige Kolbenzüge die

Räume derselben luftleer machen, und demnächst den Hahn öffnen, um zu sehen, ob der beim Exantliren desselben beobachtete Unterschied der Barometerstände noch der nämliche ist. Es ist höchst wichtig, bei Versuchen solcher Art diese Probe nicht für überflüssig zu halten.

Die nachfolgende Tabelle enthält eine Uebersicht der specifischen Gewichte des gröfsten Theils der bekannten Gasarten und der Dämpfe. Die meisten dieser Bestimmungen sind von Thomson [1], diejenigen aber, wo die Quelle nicht nachgewiesen ist, habe ich gröfstentheils aus Biot [2] entnommen, und zugleich die Atomgewichte hinzugesetzt, wenn diese mitgetheilt waren; die Bestimmungen von Meinecke sind durch Berechnung der Bestandtheile nach den Atomengewichten erhalten [3], und eben so diejenigen, welche ich nach den Angaben von L. Gmelin [4] aufgenommen habe. Sie sind auf die von diesem Chemiker angenommenen Gröfsen der Mischungsgewichte gegründet, wonach ein Mafs Sauerstoffgas 16, ein Mafs Stickgas 14 und 1 Mafs kohlensaures Gas 22 wiegt. Es wird dann ferner angenommen, dafs die atmosphärische Luft aus 21 Mafs Sauerstoffgas, 78,95 Stickgas und 0,05 Kohlensäure besteht. Heifst dann das spec. Gew. des ersten x, des zweiten y, des dritten z, so ist $21\,x + 78{,}95\,y + 0{,}05\,z = 1$. Ferner ist $7\,x = 8\,y$, und $11\,x = 8\,z$, und hieraus sind die spec. Gew. des Sauerstoffgas, Stickgas und der Kohlensäure bestimmt. Nach einer dieser Gröfsen sind die spec. Gew. der übrigen der Gröfse ihres Mischungsgewichtes proportional gefunden, mit Rücksicht darauf, ob sie im gasförmigen Zustande eine ein-, zwei- oder vierfache Ausdehnung haben. Einige Bestimmungen, bei denen diese Bedingungen noch problematisch sind, werden vorläufig als ungewifs mit einem Fragezeichen versehen. Da die Wägungen der Gase mit

1 Aus Ann. of Phil XVI. 161. ff.

2 Traité u. s. w. I. 383. Die daselbst mitgetheilte Tabelle ist entnommen aus Ann. Chim. et Phys. 1. 218, wo man sie mit den literärischen Nachweisungen der angestellten Versuche findet.

3 S. G. LIV. 159. Eine Tabelle der spec. Gewicht der Gasarten und Dämpfe von Gilbert findet man in dessen Ann. LIV. 186. Bei den Gasen tritt der merkwürdige Umstand ein, dafs sich ihre spec. Gew. wie ihre Atomgewichte verhalten. S. Berzelius Jahresbericht für 1826. S. 54.

4 S. dessen Handbuch d. theor. Chemie. Frankf. 1827. I, S. 136.

sehr großen Schwierigkeiten verknüpft sind, so ist dieses Mittel der Berechnung auf allen Fall von großem Nutzen, wünschenswerth aber bleibt es dennoch, die erhaltenen Resultate mit denen aus directen genauen Versuchen erhaltenen zu vergleichen.

Namen der Gase	Spec. Gew.	Atomg.	Beobachter.
Atmosph. Luft - -	1,00000		
Sauerstoffgas - - -	1,11110	1,00000	Thomson
— — - - -	1,10359	—	Biot. Arago
— — - - -	1,10260	—	Berzel. Dulong
— — - - -	1,11100	—	Meinecke
— — - - -	1,10926	—	Gmelin
Stickgas - - - -	0,97220	1,75000	Thomson
— - - - -	0,96913	—	Biot. Arago
— - - - -	0,97220	—	Meinecke
— - - - -	0,97060	—	Gmelin
Wasserstoffgas - -	0,06940	0,12500	Thomson
— — - - -	0,07321	—	Biot. Arago
— — - - -	0,06880	—	Berzel. Dulong
— — - - -	0,06940	—	Meinecke
— — - - -	0,06933	—	Gmelin
Chlor - - - - -	2,50000	4,50000	Thomson
— - - - - -	2,47000	—	Gay u. Thénard
— - - - - -	2,50000	—	Meinecke
— - - - - -	2,45340	—	Gmelin
Chloroxydul - - -	2,44440	5,50000	Thomson
— — - - -	2,40900	—	H. Davy
— — - - -	3,00890?	—	Gmelin
Chloroxyd - - -	4,11820?	—	Gmelin
Chlorkohlenst. Säure	3,47220	6,25000	Thomson
Stickstoffoxydul - -	1,52770	2,75000	Thomson
— — — - -	1,52040	—	Colin
— — — - -	1,52700	—	Meinecke
— — — - -	1,52520	—	Gmelin
Stickstoffoxyd - -	1,04160	3,75000	Thomson
— — — - -	1,03880	—	Bérard
— — — - -	1,04100	—	Meinecke
— — — - -	1,03990	—	Gmelin
Salpetrigsaures Gas -	3,17640	—	Gay-Lussac
Ammoniakgas - -	0,59027	2,12500	Thomson
— — - - -	0,59669	—	Biot. Arago
— — - - -	0,59010	—	Meinecke
— — - - -	0,58930	—	Gmelin
Salzsaures Gas - -	1,28472	4,62500	Thomson
— — - -	1,24740	—	Biot. Arago
— — - -	1,24740	—	Berzel. Dulong

Namen der Gase	Spec. Gew.	Atomg.	Beobachter.
Salzsaures Gas - -	1,27400	4,62500	Meinecke
— — - -	1,26180	—	Gmelin
Hydriods. Gas - -	4,37500	15,75	Thomson
— — - -	4,44300	—	Gay. Lüssac
— — - -	4,36770	—	Gmelin
Kohlens. Gas - -	1,52770	2,75	Thomson
— — - -	1,51961	—	Biot. Arago
— — - -	1,52400	—	Berzel. Dülong
— — - -	1,52700	—	Meinecke
— — - -	1,52520	—	Gmelin
Kohlenoxydgas - -	0,97220	1,76	Thomson
— — - -	0,95690	—	Cruikschank
— — - -	0,97220	—	Meinecke
— — - -	0,97060	—	Gmelin
Oelerzeug. Gas - -	0,97220	1,760	Thomson
— — - -	0,97840	—	Th. de Saussüre
— — - -	0,97220	—	Meinecke
— — - -	0,97060	—	Gmelin
Kohlenwasserst. Gas -	0,55555	1,000	Thomson
— — — -	0,55550	—	Meinecke
— — — -	0,55460	—	Gmelin
Geschwef. Wasserst. Gas	1,180500	2,125	Thomson
— — — —	1,191200	—	Gay u. Thénard
— — — —	1,150000	—	Meineck
— — — —	1,178600	—	Gmelin
Gephosph. Wasserst. Gas	0,90277	1,625	Thomson
Phosphor-Wasserst. Gas	0,97220	1,75	Thomson
— — — —	0,87000	—	J. Davy
Phosgen - Gas - -	3,38940	—	J. Davy
— — - -	3,47300	—	Meinecke
— — - -	3,42490	—	Gmelin
Cyan - - - - -	1,80555	3,250	Thomsom
— - - - - -	1,80640	—	Gay-Lüssac
— - - - - -	1,80600	—	Meinecke
— - - - - -	1,80250	—	Gmelin
Schwefelsaures Gas -	2,22222	4,00	Thomson
— — — -	2,12040	—	Gay u. Thénard
— — — -	2,19300	—	Davy
— — — -	2,22200	—	Meinecke
— — — -	2,21850	—	Gmelin
Flufssaures Gas - -	2,36940	—	Thomson
Fluorborongas - -	2,37090	—	J. Davy
Fluorsiliciumgas - -	3,57350	—	J. Davy
— — - -	3,60500	—	Gmelin
Arsenikwasserst. Gas	0,52900	—	Trommsdorf

Namen der Gase	Spec. Gew.	Atomg.	Beobachter.
Arsenikwasserst. Gas	2,69500	4,00	Dümas[1]
Phosphordampf - -	0,83330	1,500	Thomson
Kohlendampf - -	0,41660	0,750	Thomson
Schwefeldampf - -	1,11110	2,000	Thomson
— — - -	1,10926?	—	Gmelin
Jod-Dampf - - -	8,68050	15,625	Thomson
— — - - -	8,61950	—	Gay-Lüssac
— — - - -	8,71600	—	Dümas
— — - - -	8,66610	—	Gmelin
Wasserdampf - -	0,62349	—	Gay-Lüssac
— — - -	0,63619	—	Muncke
— — - -	0,62500	—	Meinecke
— — - -	0,62390	—	Gmelin
Quecksilberdampf -	6,97600	—	Dümas
Alkoholdampf - -	1,61330	—	Gay-Lüssac
— — - -	1,25035	—	Muncke[2]
— — - -	1,59700	—	Meinecke
— — - -	1,59460	—	Gmelin
Schwefelätherdampf -	2,58600	—	Gay-Lüssac
— — — -	1,65072	—	Muncke[3]
— — — -	2,56900	—	Meinecke
— — — -	2,56520	—	Gmelin
Schwefelkohlenst. Dampf	2,64470	—	Gay-Lüssac
Hydriodnaphthadampf	5,47490	—	Gay-Lüssac
— — —	5,37300?	—	Gmelin
Terpentinspiritusdampf	5,01300	—	Gay-Lüssac
Salpetrigs. Dampf -	2,63800	—	Meinecke
Schwefelkohlenst. Dampf	2,6447	—	Gay-Lüssac
— — —	2,6380	—	Meinecke
— — —	2,6345	—	Gmelin
Salzätherdampf - -	2,21900	—	Thénard
— — - -	2,26710	—	Gmelin
Schwerer - - - -	3,44340	—	Colin. Robiguet
Blausäuredampf - -	0,94760	—	Gay-Lüssac
— — - -	0,93740	—	Meinecke
— — - -	0,93590	—	Gmelin
Chlorcyandampf - -	2,15300	—	Meinecke

1 Ann. Chim. Phys. 1826. Dec. 1827. Jan. Dümas hat mehrere Bestimmungen mitgetheilt. Sein Verfahren scheint mir aber keine grofse Genauigkeit zu geben.

2 S. *Dampf.* Th. II. S. 391.

3 Ebend. II. S. 394.

Bisher ist das specifische Gewicht der Gase in Vergleichung mit atmosphärischer Luft, letztere als Einheit angenommen, untersucht. Es ist indeſs in vielfacher Hinsicht nothwendig, das Verhältniſs der Dichtigkeit zwischen der atmosphärischen Luft und Wasser genau zu kennen, und es war daher ein verdienstliches Unternehmen von Biot und Arago, daſs sie diese Bestimmung mit gröſster Sorgfalt aufzufinden sich bemüheten. Das ganze hierzu erforderliche und mit hinlänglicher Ausführlichkeit beschriebene [1] Verfahren besteht darin, daſs man einen Ballon zuerst mit destillirtem Wasser und nachher mit trockner atmosphärischer Luft gefüllt genau wiegt, die oben mitgetheilten Correctionen für die Ausdehnung durch Wärme und den aërostatischen Gewichtsverlust berücksichtigt, und dann das corrigirte Gewicht der Luft durch das corrigirte Gewicht des Wassers dividirt, wodurch das specifische Gewicht der ersteren gefunden wird. Da das Verfahren übrigens einfach ist, und die dabei zu befolgenden Regeln schon im Vorigen mitgetheilt sind, so scheint es mir genügend, hier bloſs die erhaltenen Resultate mitzutheilen, wobei ich noch bemerken will, daſs bei jenen Versuchen die in Frankreich festgesetzte Normalbestimmung berücksichtigt wurde, wonach ein Cubik-Centimeter reines Wasser im Puncte seiner gröſsten Dichtigkeit genau 1 Gramm wiegt. Indem aber der Punct der gröſsten Dichtigkeit des Wassers durch Biot bei 3°,42 C. gesetzt wird, und diese Bestimmung von der oben mitgetheilten = 3°,78 C. um eine nur unbedeutende Gröſse abweicht, so können hier unbedenklich die von ihm gefundenen Gröſsen beibehalten werden.

Biot fand also das Gewicht eines Cubik-Centimeters trockne atmosphärische Luft bei 0° Temperatur = 0,001299541 Gramm, und da das Gewicht des nämlichen Maſses Wasser 1 Gramm beträgt, so ist jene Gröſse zugleich das specifische Gewicht der Luft. Weil die Wägung aber mit Wasser und trockner Luft angestellt war, ersteres aber den Punct der gröſsten Dichtigkeit bei 3°,42 hat, so muſs die Luft um so viel mehr wiegen, als das Verhältniſs der Ausdehnung des Wassers vom Puncte seiner gröſsten Dichtigkeit an gerechnet bis zu 0° Temperatur beträgt, oder wenn das gefundene Gewicht der Luft a heiſst, die Ausdehnung

1 Biot Traité. I. 384 ff. Vergl. Tralles bei G. XXVII. 416.

des Wassers Δ, so ist das corrigirte Gewicht $\alpha = a(1 + \Delta)$. Biot findet für $\Delta = 0{,}0000748$, und sonach ist

$$\alpha = 0{,}001299541 + 0{,}000000097 = 0{,}001299638$$

das Gewicht der atmosphärischen Luft bei 0''',76 Barometerstand und 0° Temperatur gegen Wasser bei gleicher Temperatur. Dieses Verhältniſs der Luft zum Wasser beträgt also $\frac{1}{769{,}44}$, wobei jedoch das Gewicht des Wassers nicht $= 1$ seyn kann, in sofern es nicht im Puncte der gröſsten Dichtigkeit sich befindet, sondern nach Biot $= 0{,}999925$ gesetzt wird. Soll aber die trockne atmosphärische Luft mit Wasser im Puncte seiner gröſsten Dichtigkeit verglichen werden, so wird sich dieselbe um so viel ausdehnen, als der Einfluſs der Temperatur von 3°,42 C. beträgt, oder es ist

$$\alpha = \frac{0{,}001299541}{1 + 0{,}00375 \times 3^\circ{,}42} = 0{,}00128308 = \frac{1}{779{,}37}$$

das eigentliche specifische Gewicht der Luft gegen Wasser als Einheit angenommen.

Betrachtet man den Unterschied der drei nach einander mitgetheilten Gröſsen, so ergiebt sich daraus augenfällig, daſs der Einfluſs der Temperatur bei Wasser und Luft, und die Bestimmung des Punctes der gröſsten Dichtigkeit des Wassers von nicht ganz geringem Einflusse sind. Es scheint mir daher für die Feststellung dieser so oft in Anwendung kommenden Gröſsen nicht überflüssig, die durch Biot und Arago gefundenen Gröſsen nach denjenigen Werthen abermals zu berechnen, welche seitdem genauer gefunden sind, und auch sonst in diesem Werke überall in Anwendung kommen, wobei bloſs die Coefficienten für die Ausdehnung der Luft und des Glases beibehalten werden, indem ersterer seitdem nicht verbessert ist, letzterer aber bei den oben erwähnten Versuchen über die Ausdehnung der Flüssigkeiten abermals von mir geprüft und vollkommen genau gefunden ist. Inzwischen benutze ich auch hierfür den von mir bei einer Glaskugel unmittelbar gefundenen Coefficienten der Ausdehnung des Glases.

Die genannten französischen Physiker erhielten also in zwei Versuchen das corrigirte Gewicht des mit Wasser gefüllten Ballons

1. $P' = 5573{,}792$ Gramm. 2. $P' = 5575{,}089$ Gramm.

Soll hieraus das auf 0° C. reducirte, also für die Ausdehnung des Wassers $= \triangle$ und die des Glases corrigirte Volumen gefunden werden, so ist

$$V = \frac{P'(1+\triangle)}{1+Kt}$$

Es war aber für 1 die Temperatur = 20°,1 C. für 2 dagegen = 20°,9 C. Hiernach wird

$$1.\quad V = \frac{5573{,}792\ (1+0{,}00177686)}{1+0{,}0000269446 \times 20{,}1} = 5580{,}6734$$

$$2.\quad V = \frac{5575{,}089\ (1+0{,}00195974)}{1+0{,}0000269446 \times 20{,}9} = 5582{,}8707$$

$$\text{Mittel} = 5581{,}772$$

welches 5,581772 Liter giebt. Indem aber das Gewicht das mit trockner atmosphärischer Luft bei 0° Temperatur und 0,76 Meter Barometerhöhe gefüllten Ballons = 7,25323 Grammes gefunden war, so beträgt das Gewicht eines Liter atmosphärische Luft unter gleichen Bedingungen

$$\frac{7{,}25323}{5{,}581772} = 1{,}2994498 \text{ Gr.}$$

und das Gewicht eines Cubik-Centimeters Luft unter denselben Umständen

0,0012994498 Grammes.

Wird diese Gröfse auf Wasser bei 0° C. reducirt, also mit $(1+\triangle)$ multiplicirt, so ist $\triangle$ bei 0° C. = 0,000111 nach der oben mitgetheilten Tabelle, und das Gewicht der Luft gegen Wasser, beide bei 0° C. genommen beträgt also

$$0{,}0012995940 = \frac{1}{769{,}471}$$

Wenn man sie dagegen auf den Punct der gröfsten Dichtigkeit des Wassers reducirt, also durch $1+0{,}00375 \times 3{,}78$ dividirt, so erhält man

$$\frac{0{,}0012994498}{1{,}014175} = 0{,}00128128 = \frac{1}{780{,}47}$$

als das specifische Gewicht der atmosphärischen Luft.

Die erhaltene Normalgröfse für das Dichtigkeitsverhältnifs der atmosphärischen Luft gegen Wasser erfordert indefs noch einige Correctionen. Dasselbe ist nämlich erhalten in Paris unter einem Drucke der Atmosphäre, welcher durch eine auf 0° C. reducirte Quecksilbersäule = 0,76 Meter gegeben war, allein

das Gewicht einer solchen Quecksilbersäule oder des Barometers wird bedingt durch die Schwere, welche nicht überall auf der Erde gleich ist, sondern mit Zunahme der Breite wächst. Im Art. *Schwere* wird aber gezeigt werden, dafs die Schwere unter dem 45sten Grade der Breite $= g$ gesetzt unter jedem andern Breitengrade $g' = g\,(1 - 0{,}0025945 \text{ Cos. } 2\varphi)$ wird, wenn φ die Polhöhe bezeichnet. Indem aber jene Bestimmung in Paris unter $\varphi = 48^\circ\ 50'\ 14''$ nördlicher Breite erhalten wurde, wo also $\text{Cos. } 2\varphi = 0{,}133554$ ist, so findet man jenes Dichtigkeitsverhältnifs für 45° N. B.

$$\alpha' = \frac{\alpha}{g'} = \frac{0{,}0012994498}{1{,}000346505853} = 0{,}001298999689$$

Die Schwere nimmt mit der Erhebung über die Meeresfläche ab, und da die Normalversuche in Paris in einer Höhe von 60 Meters über dem Meeresspiegel angestellt wurden, so müssen sie für die Abnahme der Schwere corrigirt werden. Es verhält sich aber die Schwere in der Höhe von 60 Meters zu der im Niveau des Meeres $= R^2 : (R + 60)^2$, wenn R den Halbmesser der Erde bezeichnet, und die Normalbestimmung für α mufs also mit dieser Gröfse dividirt werden, um sie auf die Meeresfläche zu reduciren. Weil aber die 60 Meter eine kleine Gröfse sind in Vergleichung zu R, welches Biot zu 6366198 Meters annimmt [1], so kann man

$$\alpha'' = \alpha' \times \frac{(R+60)^2}{R^2} = \alpha' \left(1 + \frac{120}{R}\right)$$

setzen, welches in Zahlen ausgedrückt

$$\alpha'' = 0{,}001298999689 \times 1{,}0000188495$$
$$= 0{,}00129902417$$

giebt, und als die normale Bestimmung für die Dichtigkeit oder das specifische Gewicht der trockenen atmosphärischen Luft bei 0° C. Temperatur und 0,76 Meter Barometerstande gegen Wasser im Puncte seiner gröfsten Dichtigkeit angesehen werden kann, und dieses giebt dann zugleich auch nach der französischen Mafsbestimmung das absolute Gewicht eines Cubikcentimeters solcher Luft in Grammen.

Aus den bisher angestellten Untersuchungen folgt, dafs man nach dieser Normalbestimmung die Dichtigkeit und das Gewicht sowohl der atmosphärischen Luft als auch jeder andern Gasart

1 Diese Bestimmung kann hier unbedenklich beibehalten werden, obgleich im Art. *Erde* eine wenig abweichende gefunden ist.

erhalten kann, wenn man die aus den abgeänderten Bedingungen folgenden Correctionen anbringt, welche insgesammt folgende sind: 1. Das specifische Gewicht jeder einzelnen Gasart gegen Luft, welches γ heiſsen möge. Bei der atmosphärischen Luft ist $\gamma = 1$ und fällt somit weg. 2. Die Ausdehnung durch Wärme, welche so bekannt ist, daſs sie keiner weiteren Erläuterung bedarf. Sie wird für Centesimalgrade durch den Ausdehnungsfactor 0,00375 t gegeben. 3. Der wechselnde Barometerstand; denn da die Normalbestimmung bei 0,76 Meter gefunden ist, so erfordert dieser Umstand den Factor $\frac{m}{0,76}$ wenn das auf 0° C. Temperatur wegen der Ausdehnung des Quecksilbers durch Wärme corrigirte Barometer in Metern = m abgelesen wird, oder $\frac{h}{336,905}$ wenn der gleichfalls corrigirte Stand desselben in Par. Lin. = h ausgedrückt wird. Diese drei Correctionen sind viel zu bedeutend, als daſs sie bei genauen Versuchen jemals vernachlässigt werden dürften. Weniger ist dieses der Fall bei den folgenden, welche wegen ihres geringen Einflusses nur bei sehr genauen Bestimmungen berücksichtigt werden müssen. 4. Die an Bedeutsamkeit nächstfolgende betrifft den Feuchtigkeitszustand der Gasarten, indem ihnen hiernach allezeit ein gewisser gröſserer oder geringerer Theil Wasserdampf beigemischt seyn kann. Wird die Sache im Allgemeinen genommen, so muſs bei den Bestimmungen der Dichtigkeiten und der Gewichte gegebener Voluminum von Gasen in manchen Fällen nicht bloſs auf den enthaltenen Antheil von Wasserdampf, sondern zuweilen auch von Dämpfen anderer Flüssigkeiten, z.B. Weingeist, Aether u. s. w. Rücksicht genommen werden, welches letzteres jedoch selten der Fall ist, und lassen sich dann die hierfür erforderlichen Correctionen leicht aus den für Wasserdampf mitzutheilenden Regeln entnehmen. In Rücksicht auf diesen kann auf zweierlei Weise verfahren werden, wenn nur zuvor der Feuchtigkeitszustand der Gasarten genau ausgemittelt ist, indem man sie keineswegs ohne Einschränkung mit Dampf gesättigt betrachten darf. Auf welche Weise jener zu finden sey, wird im Art. *Hygrometer* gezeigt werden, und es genügt hier nur kurz zu bemerken, daſs man am sichersten diejenige Temperatur suchen muſs, bei welcher ein Niederschlag des Wasserdampfes erfolgt, welches dann zugleich angiebt, wie

weit sie damit gesättigt ist. Hat man diese Temperatur gefunden, so giebt die oben [1] mitgetheilte Tabelle für die Elasticität des Wasserdampfes diese in Par. Zollen unmittelbar an, wobei die dortigen Grade der achtzigtheiligen Scale leicht auf Centesimalgrade reducirt werden können. Indem aber die Dichtigkeit der Dämpfe $\frac{5}{8}$ derjenigen der atmosphärischen Luft beträgt, so muſs das Gewicht und die Dichtigkeit der Gase um $\frac{3}{8}\varepsilon$ durch den enthaltenen Wasserdampf vermehrt werden, wenn ε die Elasticität des Wasserdampfes bezeichnet, welche Gröſse also abgezogen werden muſs, wenn man das eigentliche Gewicht und die Dichtigkeit des untersuchten Gases zu wissen verlangt. Hieraus wird also der Factor $(h - \frac{3}{8}\varepsilon)$ erklärlich. Man kann indeſs, sobald nur diejenige Temperatur gefunden ist, welche dem Sättigungspuncte der Luft mit Wasserdampfe zugehört, aus der für die Dichtigkeiten des Wasserdampfes berechneten Tabelle [2] das Verhältniſs dieser zu der atmosphärischen Luft bei 0° Temperatur und 28 Z. Barometerstand unmittelbar entnehmen, und das gefundene Gewicht der Luft oder des Gases mit $(1 - \delta)$ multipliciren, wenn δ die Dichtigkeit des Wasserdampfes bezeichnet, um das eigentliche Gewicht und die Dichtigkeit der Luft zu finden. Ist es der Fall, daſs Luft oder Gasarten mit Alkoholdampf oder Schwefelätherdampf gemischt sind, so läſst sich aus dem berechneten Dichtigkeitsverhältnisse derselben [3] gleichfalls der Antheil finden, welcher von einem dieser Dämpfe sich in dem Gefäſse befindet, und nach Abzug desselben ergiebt sich dann leicht die zurückbleibende Menge der atmosphärischen Luft. 5. Der Einfluſs der geographischen Breite auf die Dichtigkeit der atmosphärischen Luft oder der Gasarten ist oben bei der Reduction der Pariser Versuche genügend erläutert, so daſs der hieraus folgende Coefficient $(1 - 0{,}0025945 \text{ Cos. } 2\varphi)$, worin φ die Polhöhe bedeutet, keine weitere Erklärung bedarf. 6. Endlich nimmt die Dichtigkeit und das Gewicht der Luft und Gasarten der, mit der Höhe abnehmenden, Schwere proportional ab, weswegen auch die oben angegebenen Pariser Normalversuche für die Erhebung des Ortes, wo sie angestellt sind, über dem Meeresspiegel corrigirt werden muſsten. Indem

1 S. Th. II. S. 351.
2 S. Th. II. S. 385.
3 S. Th. II. S. 392 u. 395.

aber hiernach die gefundene Gröſse als Normalbestimmung für das Niveau des Meeres gilt, so muſs jede andere Bestimmung im Verhältniſs des Erdhalbmessers zu diesem, vermehrt um die Höhe des gegebenen Ortes, genommen werden, oder die Normalbestimmung muſs mit dem Factor $\frac{R^2}{(R+e)^2}$ multiplicirt werden, wenn R der mittlere Halbmesser der Erde und e die Erhebung über den Meeresspiegel bezeichnet. Weil aber e allezeit sehr klein gegen R ist, so genügt es für die gewöhnlichen Fälle zur leichteren Berechnung die Division nur bis zum zweiten Gliede fortzusetzen, und also $1 - \frac{2e}{R}$ als Factor anzuwenden.

Werden diesemnach alle die genannten Correctionen in einen gemeinschaftlichen Ausdruck aufgenommen, und bezeichnet man die Dichtigkeit oder das specifische,

auch nach französischen Maſse in Grammen

das absolute, Gewicht

jeder beliebigen Gasart durch α

das specifische Gewicht einer jeden gegen trockne atmosphärische Luft als Einheit durch . . . γ

die Temperatur in Centesimalgraden t

die Elasticität des Wasserdampfes durch ε

den auf 0° der Temperatur des Quecksilbers reducirten Barometerstand in Par. Lin. h

die Polhöhe φ

die Erhebung über den Meeresspiegel in Toisen . . . e

den Halbmesser der Erde = 3266260 t R

so ist allgemein

$$\alpha = \frac{\gamma\, 0{,}00129902417\, h\left(1-\tfrac{3}{8}\varepsilon\right)\left(1-\frac{2e}{R}\right)(1-0{,}0025945 \operatorname{Cos}.2\varphi)}{336{,}905\,(1+0{,}00375\,t)}.$$

Hierin ist γ für atmosphärische Luft = 1 und fällt also weg; bei trockenen Gasen wird auch $\varepsilon = 0$, die Coefficienten für die Erhebung und Breitengrade sind in mäſsigen Höhen und mittleren Breiten sehr klein, so daſs sie füglich vernachlässigt werden können, und man erhält also für atmosphärische Luft

$$\alpha = \frac{0{,}00129902417\, h}{336{,}905\,(1+0{,}00375\,t)}$$

für jede andere Gasart unter gleichen Bedingungen

$$\alpha' = \frac{\gamma . 0{,}00129902417 . h}{336{,}905\,(1 + 0{,}00375\,t)}.$$

Es würde nicht zweckwidrig seyn, das specifische Gewicht der verschiedenen Gasarten gegen Wasser zu berechnen und in einer Tabelle zusammenzustellen, so wie dieses oben hinsichtlich ihres Verhältnisses zu der atmosphärischen Luft als Einheit geschehen ist. Indem aber alle Gase auf gleiche Weise als die atmosphärische Luft durch Wärme ausgedehnt und durch vermehrten Luftdruck zusammengedrückt werden, bei der Bestimmung ihres verhältnifsmäfsigen Gewichtes gegen die atmosphärische Luft aber vorausgesetzt wird, dafs beide unter gleichem Luftdrucke und bei gleicher Temperatur mit einander verglichen sind, so würde hierzu weiter nichts erfordert werden, als die so eben gefundene Normalbestimmung für die atmosphärische Luft $= \alpha$ mit der Zahl des specif. Gewichtes der Gase $= \gamma$, wie sie in der oben mitgetheilten Tabelle enthalten sind, zu multipliciren, um ihr specifisches Gewicht $\alpha' = \gamma\,\alpha$ gegen Wasser zu erhalten. Weil diese Bestimmungen aber selten in Anwendung kommen und erforderlichen Falls durch eine einfache Multiplication leicht zu erhalten sind, so scheint mir das zu erhaltende Resultat mit dem erforderlichen Raume und der nöthigen Zeit nicht in Verhältnifs zu stehen, um diese Mühe zu übernehmen.

B. Specifisches Gewicht der tropfbaren Flüssigkeiten.

Die Aufgabe, das specifische Gewicht zu bestimmen, kommt vorzugsweise häufig bei tropfbaren Flüssigkeiten in Betrachtung, weil deren Güte und Reinheit hauptsächlich hieraus erkannt wird. Eben daher hat man auch eine sehr grofse Menge von Apparaten erdacht, welche in Art. *Araeometer* ausführlich beschrieben sind, um diese Bestimmung schnell und mit einem sehr geringen Aufwande von Zeit und Mühe zu erhalten, allein bei vielen wird dieses nur auf Kosten der Genauigkeit erreicht. Weil aber alle diese Apparate eine ihnen eigenthümlich zukommende Behandlung erfordern, so ist es nothwendig, die verschiedenen Arten derselben einzeln zu betrachten, wobei ich mich indefs blofs auf die vier gebräuchlichsten beschränke, in-

dem die übrigen zu unvollkommen sind, als daſs es sich der Mühe belohnte, Regeln für ihren Gebrauch aufzustellen.

1. Das Aräometer mit fester Scale wird am häufigsten angewandt, weil es allerdings das bequemste ist, und die Dichtigkeiten der Flüssigkeiten durch bloſses Ablesen unmittelbar giebt [1]; allein es ist zugleich so unvollkommen, daſs es sich nicht der Mühe lohnt, Regeln für seinen Gebrauch und die Methode anzugeben, wie man durch diese Apparate das specifische Gewicht der Flüssigkeiten finden könne. Sie werden daher auch nur zum praktischen Gebrauche benutzt, namentlich zur Prüfung der Güte des Branntweins, der Salzsolen, Salpeterlaugen u. s. w., und für diesen Behuf am besten empirisch graduirt. Weil aber alle Flüssigkeiten durch Wärme bedeutend ausgedehnt werden, die Stärke dieser Ausdehnung aber nicht von allen bekannt ist, so wird bei den Angaben des gefundenen spec. Gew. in der Regel die Temperatur zugleich mit genannt, bei welcher dasselbe beobachtet wurde. Manche pflegen hierbei auch den Barometerstand zur Zeit der Beobachtung mit anzugeben, allein man begreift leicht, daſs dieser hierbei ohne allen Einfluſs ist. Kennt man übrigens das Gesetz der Ausdehnung der untersuchten Flüssigkeit durch Wärme, und darf man darauf rechnen, daſs das spec. Gew. durch das Aräometer hinlänglich genau und richtig gefunden sey, so läſst sich dieses leicht auf 0° Temperatur und den Punct der gröſsten Dichtigkeit des Wassers reduciren, wenn man die gefundene Gröſse mit $\frac{1}{1+\triangle'}$ multiplicirt, worin $\triangle'$ die Ausdehnung der Flüssigkeit durch Wärme bezeichnet. Diejenigen Aräometer, deren man sich im Handel zur Prüfung des Gehaltes an Spiritus in dem verkäuflichen Branntweine bedient, haben meistens zugleich eine Tabelle zur Correction der Ausdehnung durch Wärme; für den technischen Gebrauch ist es aber am besten, eine bestimmte Normal-Temperatur von etwa 15° bis 20° C. festzusetzen, wobei die Probe angestellt werden muſs, und die man zu jeder Jahreszeit leicht erhalten kann.

2. Ungleich besser und einen weit höheren Grad der Genauigkeit gebend sind die Aräometer mit veränderlichen Ge-

1 *Araeometer* Th. I. S. 351 bis 380.

wichten oder die sogenannten *Gravimeter* [1]. Da ich die Construction derselben im Art. *Araeometer* ausführlich und genau angegeben habe, so bemerke ich über ihren Gebrauch nur folgendes. Man verlangt von einem solchen Werkzeuge, daſs sein Gebrauch einfach und das damit gesuchte Resultat leicht ohne weitläuftige Rechnungen zu erhalten seyn soll. Dieser Forderung genügt dasselbe vollständig, indem es die specifischen Gewichte der Flüssigkeiten unmittelbar bis auf 0,0001 und noch wohl weiter giebt, also völlig so weit, als man deren Bestimmung gewöhnlich verlangt. Um hierbei alle möglichen Correctionen zu vermeiden, wird dasselbe für eine zwischen 12°,5 bis höchstens 20° C. liegende Temperatur, meistens für 15° oder 16° C. gegen Wasser abgewogen, und die nachherigen Bestimmungen des spec. Gew. der Flüssigkeiten werden bei einer gleichen Temperatur vorgenommen, wodurch man das Verhältniſs beider gegen einander bei gleicher Temperatur erhält. Zu diesem Ende wird das durch G. G. Schmidt und Ciarcy verbesserte, von Fahrenheit erfundene, Aräometer so verfertigt, daſs es bis an das in der Mitte des dünnen Halses angebrachte Knöpfchen in destillirtem Regenwasser bei der angegebenen Temperatur einsinkt, und dabei so eingerichtet, daſs der Glaskörper selbst 700 Gewichttheile wiegt und zum Einsinken noch 300 solcher Gewichttheile aufgelegt werden müssen, damit das Gesammtgewicht beim Einsenken in reines Wasser 1000 oder 1,000 Gewichttheile betrage, in andern Flüssigkeiten aber bis etwa 1300 oder 1,300 vermehrt werden könne, und der Apparat auf diese Weise für die leichteste Flüssigkeit, den Aether, bis zu den leichteren Säuren und Salzsolutionen noch brauchbar sey. Daſs man alsdann eine andere Birn mit Quecksilber anzuhängen pflegt, mit welcher das Gesammtgewicht des Apparates 1200 Gewichttheile wiegt, um ihn auch für die schwersten Solutionen bis zur Schwefelsäure hinauf gebrauchen zu können, ist schon bei seiner Beschreibung erwähnt. Indem aber das Instrument in jeder Flüssigkeit, in welche es eingetaucht ist, ein ganz gleiches Volumen aus der Stelle verdrängt, die specifischen Gewichte aber bei gleichem Volumen sich verhalten wie die absoluten Gewichte, so ist $\pi = \frac{\Pi}{P}$ wenn π das spec. Gew.

1 S. Th. I. S. 380 ff.

der Flüssigkeit, Π ihr absolutes Gewicht und P das des Wassers bezeichnet, oder aber da Π durch das Totalgewicht des Apparates unmittelbar gegeben wird, P aber = 1 oder = 1000 ist, so findet man $\pi = \Pi$ unmittelbar. Es werde z. B. das Instrument, welches ohne aufgelegte Gewichte 700 Gewichttheile wiegen möge, in Aether eingesenkt, und bedürfe bei derjenigen Normaltemperatur, bei welcher es in reinem Wasser bis an das kleine Knöpfchen an seinem Halse mit aufgelegten 300 Gewichttheilchen einsank, jetzt nur 25 auf das obere Schälchen gelegte Gewichttheilchen, um eben so tief einzusinken, so wäre das spec. Gew. des Aethers = 0,725 oder = 725, das des destillirten Wassers = 1 oder = 1000 gesetzt. In einem anderen Falle werde dasselbe in mineralisches Wasser gleichfalls bei der angenommenen Normaltemperatur eingesenkt, und bedürfe 301,25 Gewichttheilchen, um genau bis an das Knöpfchen einzusinken, so wäre das spec. Gew. = 1,00125 oder = 1001,25 nach der einen oder anderen jener Bezeichnungsarten [1].

Bei weitem in den meisten Fällen bedarf und verlangt man die Bestimmung des specifischen Gewichtes nicht genauer, als sie hiernach unmittelbar gefunden wird, und da das angegebene Verfahren so aufserordentlich leicht ist, so mufs man sich wundern, dafs dieses Aräometer nicht unlängst diejenigen mit festen Scalen verdrängt hat, welche kaum mehr als den hundertsten Theil dieser Genauigkeit erreichen. Sollen dagegen die specifischen Gewichte der Flüssigkeiten auf 0° Temperatur und Wasser im Puncte seiner gröfsten Dichtigkeit reducirt werden, so müfsten die Ausdehnungen derselben durch Wärme bekannt seyn, um hiernach die unmittelbar erhaltenen Gröfsen zu corrigiren, welches indefs bis jetzt bei den wenigsten Bestimmungen mit dem erforderlichen Grade von Genauigkeit der Fall gewesen ist. Man kann inzwischen mit diesem Werkzeuge die Ausdehnung der Flüssigkeiten durch Wärme mit einem nicht geringen Grade von Genauigkeit finden, wie dieses namentlich durch Charles mit einem vorzüglich gut verfertigten, von ihm hydromêtre

1 Da sich nach meinen neuesten Versuchen die Dichtigkeit des Wassers zwischen 3° und 4° nicht merklich ändert, so wäre es rathsam und nicht schwierig, dieses Instrument bei dieser Temperatur zu graduiren, um die Dichtigkeit der Flüssigkeiten gegen Wasser im Puncte seiner gröfsten Dichtigkeit unmittelbar zu erhalten.

thermométrique genannten Apparate geschehen ist [1]. Hat man also das Instrument in destillirtem Regenwasser bei einer Temperatur = t Graden C. genau abgeglichen, und sein Gewicht = P gefunden (wobei auf den aërostatischen Einfluſs keine Rücksicht zu nehmen nöthig ist, weil dieser beim Einsenken in beide Flüssigkeiten derselbe bleibt, und sich daher von selbst compensirt), so ist dieses um so viel zu groſs, als die Ausdehnung des Glases bei der Temperatur beträgt, muſs also durch (1 + Kt) dividirt werden, wenn K die cubische Ausdehnung des Glases bezeichnet; dagegen ist es um so viel zu klein, als die Ausdehnung des Wassers vom Puncte seiner gröſsten Dichtigkeit bis zur Temperatur t beträgt, muſs also mit (1 + △) multiplicirt werden, wenn △ diese bekannte, in der oben mitgetheilten Tabelle enthaltene Gröſse bezeichnet. Hieraus wird also das corrigirte Gewicht des aus der Stelle verdrängten Wassers

$$P' = P\,\frac{1+\triangle}{1+Kt}.$$

Wird dann das Instrument in die zu untersuchende Flüssigkeit gesenkt, und sein Gewicht = Π gefunden, so ist dieses auf gleiche Weise corrigirt, wenn △′ die Ausdehnung dieser Flüssigkeit und t′ die Temperatur bezeichnet, wobei die Messung vorgenommen wird:

$$\Pi' = \Pi\,\frac{1+\triangle'}{1+Kt'}$$

und indem $\frac{\Pi'}{P'} = \pi$ das specifische Gewicht der untersuchten Flüssigkeit bei 0° Temperatur gegen Wasser im Puncte seiner gröſsten Dichtigkeit bezeichnet, so ist

$$\pi = \frac{\Pi\,(1+\triangle')}{P\,(1+\triangle)}\,\frac{(1+Kt)}{(1+Kt')}$$

und wenn t = t′ ist, oder beide Wägungen bei der nämlichen Temperatur angestellt wurden, so ist

$$\pi = \frac{\Pi\,(1+\triangle')}{P\,(1+\triangle)}$$

folglich unter der Voraussetzung einer nahe gleichen oder min-

1 Biot Traité I. 413 theilt die sich hierauf beziehenden Formeln für die Berechnung mit, indeſs halte ich die ähnlichen, im Texte enthaltenen, für zweckmäſsiger.

destens für diese Bestimmung nicht meſsbar verschiedenen Ausdehnung beider Flüssigkeiten

$$\pi = \frac{\Pi}{P}$$

wie das specifische Gewicht gewöhnlich bestimmt zu werden pflegt, und zwar mit einer solchen Genauigkeit, als meistens bei den unvermeidlichen Fehlern solcher Versuche möglich ist [1]. Dabei versteht es sich von selbst, daſs der eigentliche Werth von π nicht gefunden werden kann, so lange die Gröſse $\triangle'$ unbekannt ist.

Man kann indeſs die Ausdehnung der Flüssigkeiten oder den Werth von $\triangle'$ durch mehrere Wägungen finden, und hierzu ist bloſs erforderlich das verhältniſsmäſsige specifische Gewicht derselben, ohne Rücksicht auf das des Wassers, bei verschiedenen Temperaturen zu suchen. Dieses erhält man ohne weitere Correction als diejenige, welche die Ausdehnung des Glases erfordert, oder mit andern Worten, das corrigirte Gewicht $\Pi' = \frac{\Pi}{1+Kt}$ nach der vorigen Bedeutung dieser Buchstaben. Sind demnach für die Temperaturen t; t′; t″; t‴; t$^{\text{IV}}$ die corrigirten Gewichte Π'; Π''; Π'''; Π^{IV}; Π^{V} gefunden, so verhalten sich bekanntlich die specifischen Gewichte umgekehrt wie die Volumina, also

$$\Pi' : \Pi'' = V'' : V' \text{ und } V'' = V' \frac{\Pi'}{\Pi''}$$

Eben so ist

$$V'' - V' = \triangle V'' = V' \left(\frac{\Pi'}{\Pi''} - 1\right) \text{ für } t' - t = \delta t'$$

$$V''' - V' = \triangle V''' = V' \left(\frac{\Pi'}{\Pi'''} - 1\right) \text{ für } t'' - t = \delta t''$$

$$V^{\text{IV}} - V' = \triangle V^{\text{IV}} = V' \left(\frac{\Pi'}{\Pi^{\text{IV}}} - 1\right) \text{ für } t''' - t = \delta t'''$$

1 Hätte das Wasser seinen Punkt der gröſsten Dichtigkeit bei 0° C., oder würde es als Regel angenommen, beide Flüssigkeiten bei 0° Temperatur oder bei 3°,78 C. als dem Puncte der gröſsten Dichtigkeit des Wassers zu vergleichen, so dürfte man die Wägungen nur bei einer von diesen Temperaturen anstellen, um ohne Correctionen richtige Resultate zu erhalten.

$$V^{v} - V' = \triangle V^{v} = V'\left(\frac{\Pi'}{\Pi^{v}} - 1\right) \text{ für } t^{v} - t = \delta t^{v}$$

Nimmt man hierin $V' = 1$ und formirt vier Gleichungen

$$\triangle V'' = a\delta t' + b\delta t'^{2} + c\delta t'^{3} + d\delta t'^{4}$$
$$\triangle V''' = a\delta t'' + b\delta t''^{2} + c\delta t''^{3} + d\delta t''^{4}$$
$$\triangle V^{iv} = a\delta t''' + b\delta t'''^{2} + c\delta t'''^{3} + d\delta t'''^{4}$$
$$\triangle V^{v} = a\delta t^{iv} + b\delta t^{iv2} + c\delta t^{iv3} + d\delta t^{iv4}$$

eliminirt hieraus nach der Methode der kleinsten Quadrate die unbekannten Factoren a; b; c; d, so erhält man

$$\triangle V = a t + b t^{2} + c t^{3} + d t^{4}$$

als allgemeine Gleichung für die Ausdehnung der Flüssigkeit durch Wärme, das Volumen derselben bei t^{o} C $= 1$ genommen, für die Temperaturgrade über diesem Puncte. Wird endlich der Werth von t negativ genommen in die Formel gesetzt, hierfür $\triangle V$ gesucht und von 1 abgezogen, so giebt dieses das Volumen der Flüssigkeit bei 0° C., und alle Coefficienten mit dieser Zahl dividirt macht die Formel geeignet, die Volumens-Vermehrung der Flüssigkeit, ihr Volumen bei 0° C. $= 1$ gesetzt, allgemein zu berechnen. Wurde die erste Messung bei 0° C. angestellt, oder ist $t = 0$, so ist $V' = 1$ und die letzte Reduction der Beobachtungen wird überflüssig. Ob übrigens diese Methode völlig genaue Resultate gebe, mögte ich deswegen bezweifeln, weil jede ruhig stehende Flüssigkeit sich in horizontale Schichten von ungleicher Dichtigkeit trennt, so dafs die scharfe Bestimmung der Temperatur nicht gut möglich ist [1].

3. Homberg's Aräometer ist seit seiner ersten Bekanntwerdung unglaublich oft verändert, welches wohl ohne Zweifel für seine Brauchbarkeit im Allgemeinen zeugt. Die meisten glaubten das Werkzeug zu verbessern, allein es unterliegt sicher keinem Zweifel, dafs es in seiner ursprünglichen Gestalt bei weitem die genauesten und sichersten Resultate giebt, wovon ich mich durch eigene zahlreiche Erfahrungen vollkommen über-

1 Die Methode ist mehrmals, namentlich zuletzt durch Hällström zur Bestimmung der Ausdehnung des Wassers mit grofsem Fleifse und vieler Sorgfalt in Anwendung gebracht. S. G. LXXVII. 129. Uebrigens kann alles hier Gesagte auch auf die Senkwage von Tralles angewandt werden, welche oben Th. 1. S. 390 beschrieben ist, und ich halte es daher für überflüssig, ihr einen besonderen Abschnitt zu widmen.

zeugt habe [1]. Es muſs aber das am gehörigen Orte beschriebene und abgebildete Gläschen, worin sowohl das Wasser als auch die zu bestimmende Flüssigkeit gewogen wird, ganz dünn an der Lampe geblasen seyn, höchstens einen Cubikzoll Wasser fassen, ja ich mögte denen, welche häufig in der Lage sind, das specifische Gewicht der Flüssigkeiten bestimmen zu müssen, wovon oft nur geringe Quantitäten vorhanden sind, rathen, sich solche Gläschen von verschiedenen Inhalte, als etwa einem, einem halben, einem Viertel, und wohl auch einem Achtel Cubikzolle anzuschaffen, und endlich muſs das zum Eingieſsen der Flüssigkeit bestimmte Trichterchen sowohl, als auch das zum Entweichen der Luft dienende Röhrchen ein feines Haarröhrchen von etwa 0,2 bis höchstens 0,4 Lin. Durchmesser seyn. So viel ist allerdings gewiſs, daſs das Füllen eines solchen Gläschens mit Vorsicht geschehen muſs, damit das kleine Trichterchen nicht überläuft, auch muſs man Sorge tragen, daſs keine Feuchtigkeit in das zum Entweichen der Luft bestimmte Haarröhrchen dringt, weil sonst der atmosphärische Luftdruck das weitere Einflieſsen der Flüssigkeit hindert, endlich ist auch das Reinigen des gebrauchten Gläschens etwas mühsam; allein Mühe und Vorsicht darf der Physiker nicht in Anschlag bringen, sobald er nur genaue Resultate erhält.

Auf welche Weise vermittelst dieses Gläschens das specifische Gewicht der Flüssigkeiten gefunden werde, und welche Regeln dabei zu befolgen sind, dieses ergiebt sich aus den hierüber bestehenden Gesetzen. Indem nämlich der Raum im Innern dieses Gläschens bis an das kleine Knöpfchen am Halse des Trichters und ein gleiches am Haarröhrchen als stets unverän-

1 Vergl. *Araeometer* Th. 1. S. 391. Ganz vor Kurzem ist der Gebrauch der durch Fischer in seinem Handbuche d. mechan. Naturlehre empfohlenen Gläser mit eingeschmirgeltem Stöpsel als vorzüglich sicher dargestellt. S. Eytelwein Handb. der Hydrostatik u. s. w. Berl. 1826. S. 73. Allein man begreift bald, daſs ein etwas groſses und dickes Glas mit einem massiven Glasstöpsel unmöglich groſse Schärfe des Gewichtes geben kann. Auſserdem ist es unmöglich, das Glas genau so zu füllen, daſs der Stöpsel dasselbe verschlieſst, ohne die Flüssigkeit zu comprimiren, dadurch das Glas auszudehnen und einen Theil der Flüssigkeit neben sich heraufzudrängen, dessen Wegwischen die Temperatur ändert, das Glas beschmutzt u. s. w. Besser wäre das durch Wagenmann empfohlene Zudecken des Gläschens mit einer Scheibe, wenn sich dann nicht die Flüssigkeit zwischen diese und den Rand drängte.

dert angesehen wird, so darf man dasselbe nur bis an diese Zeichen zuerst mit destillirtem Wasser füllen und dessen Gewicht = P bestimmen, dann nach vollständigem Trocknen mit der zu prüfenden Flüssigkeit, und deren Gewicht = Π gleichfalls bestimmen, so verhalten sich die specifischen Gewichte bei gleichem Volumen wie die Dichtigkeiten oder wie die absoluten Gewichte, und es ist also

$$\pi = \frac{\Pi}{P}.$$

Es folgen hieraus sogleich drei unmittelbar bei der Sache liegende Vorsichtsregeln. Zuerst nämlich müssen beide Volumina völlig gleich seyn. Um dieses zu erreichen, darf man nur dahin sehen, daſs beim Einfüllen beide Flüssigkeiten genau bis an die Knöpfchen reichen. Allein bei der Feinheit des Werkzeuges bringt der letzte zugegossene Tropfen oft schon eine merkliche Erhöhung der Flüssigkeit im kleinen Trichterchen hervor, ohne daſs sie nach den Gesetzen der Capillarität sich über das Ende des Haarröhrchens an der Seite des Gläschens erheben kann. Dieser letztere Umstand erleichtert gar sehr die Genauigkeit der Wägung. Hat man nämlich das etwas überfüllte Gläschen einige Zeit ruhig hingestellt, damit es genau die Temperatur der Umgebung annimmt, so darf man nur mit der Spitze eines Stückchens Flieſspapier den Ueberschuſs der Flüssigkeit wegnehmen, um die Anfüllung bis an das Knöpfchen genau zu erhalten. Die zweite Vorsichtsregel ist, dafür zu sorgen, daſs keine Luftbläschen im Glase bleiben, welches sich so sehr von selbst versteht, daſs es keiner weiteren Erklärung bedarf, auch entfernen sich dieselben bei völliger Reinheit des Gläschens und beim langsamen Eingieſsen nach meinen Erfahrungen ohne weitere Mühe von selbst. Drittens muſs das Gläschen bei beiden Wägungen vorher genau tarirt seyn, weil sonst ein leicht vermeidlicher Fehler entstehen würde, wie sich aus dem Folgenden ergeben wird.

Wenn man nichts weiter beabsichtigt, als das specifische Gewicht mit derjenigen Genauigkeit zu erhalten, wie dieses in der Regel gefordert zu werden pflegt, so ist der Gebrauch des Apparates sehr einfach. Zu diesem Ende wird das Gläschen bei einer jederzeit leicht zu erhaltenden Normaltemperatur von etwa 15° bis höchstens 20° C. auf einer feinen Waage tarirt, und dasjenige Gewichtstück, welches zu dieser Tara gehört, wird

mit dem Worte Tara bezeichnet, und jederzeit hierzu gebraucht. Alsdann wird es bis an die Knöpfchen bei der angenommenen Normaltemperatur mit destillirtem Wasser gefüllt, und mit dem hierzu gehörigen Gewichte abermals auf der Waage ins Gleichgewicht gebracht. Das erhaltene Totalgewicht wird dann halbirt, die eine Hälfte mit 500 bezeichnet, die andere wieder halbirt, und jede Hälfte mit 250 bezeichnet und endlich werden durch genaue Wägungen Gewichtstücke verfertigt, welche 100; 50; 25; 10; 5; 1; 0,5; 0,3; 0,2; 0,1 der Einheit des zu 1000 angenommenen Totalgewichtes wiegen. Bei jeder nachfolgenden Bestimmung des specifischen Gewichtes einer Flüssigkeit fällt dann die Wägung des Wassers weg, man füllet bei der bestimmten Normaltemperatur das Gläschen mit der zu bestimmenden Flüssigkeit, setzt dasselbe nach aufgelegter Tara auf die Wagschale, läſst es eine so lange Zeit ruhig stehen, als erforderlich ist, damit es die Temperatur der Umgebung annehme, nimmt mit einer Spitze Flieſspapier den Ueberschuſs der Flüssigkeit weg, bis sie genau an die Knöpfchen reicht, legt die erforderlichen Gewichte bis zum Einstehen der Waage auf, und lieset nach diesen das specifische Gewicht ab, welches in diesem Falle dem absoluten Gewichte bei gleichem Volumen direct proportional ist. Bei der Angabe des so gefundenen specifischen Gewichtes pflegt dann die Temperatur mit genannt zu werden, bei welcher dasselbe erhalten wurde, um dasselbe hiernach zu corrigiren, und ebenso wird auch meistens der Barometerstand mit genannt, weil auch dieser eine, wenn gleich unbedeutende Correction bedingt.

Verlangt man nämlich das specifische Gewicht der Flüssigkeiten mit grösster Schärfe für 0° Temperatur gegen Wasser im Puncte seiner grössten Dichtigkeit, so werden mehrere Correctionen erfordert, welche ich zur leichteren Uebersicht einzeln erläutere. Zuerst müſste das Gläschen für Wasser und auch für jede andere Flüssigkeit sowohl luftleer als auch im luftleeren Raume gewogen werden, um seine richtige Tara zu erhalten. Indem aber die Masse des Gläschens sehr dünn ist, folglich das Gewicht der in demselben enthaltenen Luft nur wenig von dem der aus der Stelle getriebenen verschieden ist, beide aber bei der Tarirung entgegengesetzt wirken, so können sie füglich vernachlässigt werden, selbst in demjenigen Falle, wenn die Wägung des Wassers und der Flüssigkeit bei ungleicher Wärme und

verschiedenem Barometerstande angestellt würden. Um dieses zu zeigen, darf man nur die im Gläschen enthaltene Luft allein berücksichtigen, welche sowohl durch das hineingeschüttete Wasser als auch durch die nachher gewogene Flüssigkeit vertrieben wird. Wenn man sie nicht berücksichtigt, findet sich das Verhältniſs beider Flüssigkeiten oder das specifische Gewicht der untersuchten gegen Wasser $\pi = \frac{\Pi}{P}$, wenn Π und P das gefundene absolute Gewicht der Flüssigkeit und des Wassers bezeichnen. Wollte man dagegen die aus dem Gläschen verdrängte Luft berücksichtigen, diese bei beiden Wägungen gleich gesetzt und durch α bezeichnet, so wäre

$$\pi = \frac{\Pi + \alpha}{P + \alpha} = \frac{\Pi}{P} - \frac{\alpha(\Pi - P)}{P(P + \alpha)}$$

Indem aber $\frac{\alpha}{P}$ ohngefähr $= 0{,}00129$ ist, das Wasser als Einheit genommen, $\frac{(\Pi - P)}{(P + \alpha)}$ aber bei den bis jetzt bekannten Flüssigkeiten ausser Quecksilber nie $= 1$ werden kann, so geht schon hieraus hervor, dass bei gewöhnlichen Bestimmungen, wenn $\Pi - P$ etwa 0,2 beträgt, ja in den meisten Fällen noch weniger, diese Correction von keinem merklichen Einflusse ist. Darf man aber die Glasmasse als verschwindend klein gegen den cubischen Inhalt betrachten, und würden beide Wägungen bei gleichem oder unmerklich verschiedenem Barometer- und Thermometer-Stande angestellt, so daſs man das durch das Gläschen verdrängte Luftvolumen dem in ihm enthaltenen gleichsetzen könnte, so wären die corrigirten Gewichte $P' = P + \alpha - \alpha$ und $\Pi' = \Pi + \alpha - \alpha$, woraus das spec. Gewicht $\pi = \frac{\Pi}{P}$ als hinlänglich genau erhalten würde.

Ungleich bedeutender dagegen ist der Einfluſs, welchen die Ausdehnung durch Wärme sowohl auf das Gläschen selbst, als auch auf die darin enthaltene Flüssigkeit ausübt. Es folgt nämlich sehr einfach, daſs das Gewicht des im Gläschen gewogenen Wassers sowohl als auch der zu prüfenden Flüssigkeit so viel gröſser werden muſs, je gröſser das Gläschen selbst durch Wärmeausdehnung wird, also je mehr Flüssigkeit es hierdurch zu enthalten vermag, dagegen aber so viel geringer, je stärker

sich die Flüssigkeiten durch Wärme ausdehnen. Heifst demnach das uncorrigirte Gewicht des Wassers P, der untersuchten Flüssigkeit Π, die corrigirten beider P′ und Π', so ist

$$P' = P\,\frac{(1 + Kt)}{(1 + \triangle t)} \text{ und } \Pi' = \Pi\,\frac{(1 + Kt')}{(1 + \delta t')}$$ wenn K die Ausdehnung des Glases, $\triangle$ die des Wassers und δ die der untersuchten Flüssigkeit bei den Temperaturen t und t′ bezeichnen. Hiernach ist dann das corrigirte specifische Gewicht

$$\pi' = \frac{\Pi\,(1 + Kt')\,(1 + \triangle t)}{P\,(1 + Kt)\,(1 + \delta t')}$$

Der einfachste und in der Regel nach der oben angegebenen Verfertigungsart des Apparates allezeit vorkommende Fall ist der, dafs t′ = t ist, wonach dann

$$\pi' = \frac{\Pi}{P}\left(\frac{1 + \triangle t}{1 + \delta t}\right)$$

wird. Weil die Ausdehnungen der Flüssigkeiten nicht sehr von einander abweichen, so folgt hieraus, dafs die gefundenen uncorrigirten Gewichte gleichfalls nicht bedeutend von den corrigirten abweichen, wenn beide bei der nämlichen Temperatur erhalten sind, indefs ist doch zu berücksichtigen, dafs die Ausdehnung des Wassers erst von 3°,78 C. angeht, wo das Volumen desselben im Puncte der gröfsten Dichtigkeit = 1 gesetzt wird, bei den übrigen Flüssigkeiten aber vom 0° C. an, und da die meisten stärker als Wasser ausgedehnt werden, so darf man die deswegen erforderliche Correction keineswegs als absolut und an sich unbedeutend betrachten. Bei den wenigsten Flüssigkeiten ist indefs ihre Ausdehnung genügend bekannt, und der Factor $1 + \delta t$ kann daher nicht füglich in Rechnung genommen werden, weswegen man sich mit genäherten Werthen behelfen mufs. Dafs man übrigens auch mit diesem Aräometer die Ausdehnung der Flüssigkeiten finden könne, bedarf kaum erwähnt zu werden, und das Verfahren ist ganz dasselbe, als welches so eben unter Nr. 2 beschrieben wurde. Indefs mögte ich noch weniger rathen, diesen Apparat zur Auffindung des Werthes von δ anzuwenden, weil es kaum möglich ist, die Wägungen bei hinlänglich verschiedenen, genau bestimmten Temperaturen anzustellen, wenn diese beträchtlich weit auseinander liegen sollen.

Biot und Arago bedienten sich dieses Aräometers, um das specifische Gewicht des Quecksilbers zu finden, und wandten

hierbei alle erforderlichen Correctionen an, welche unter einer etwas verschiedenen Form erscheinen, als sie oben angegeben sind, und die ich daher als Beispiel eines solchen genauen Versuchs mittheile [1]. Ist V der Inhalt des kleinen Gläschens in Cubikcentimetern bei 0° Temperatur, P das gefundene uncorrigirte Gewicht bei der Temperatur von t′ Graden der Centesimalskale, so ist

$$V = \frac{P\,(1+\triangle)}{(1-\alpha')\,(1+Kt')}$$

wenn △ die Ausdehnung des Wassers vom Puncte seiner gröſsten Dichtigkeit an bis zur Temperatur t′, α′ das Verhältniſs der Dichtigkeit der Luft bei der nämlichen Temperatur gegen Wasser und K die Ausdehnung des Glases bezeichnet. Diese Formel, welche nach dem vorhergehenden von selbst klar ist, lieſse sich zwar unmittelbar bei der Berechnung in Anwendung bringen, allein Biot verwandelt sie, um die Hauptgröſsen voranzustellen, in folgende

$$V = P + P\triangle + \frac{P\,(1+\triangle)(\alpha' - Kt' + \alpha'\,Kt')}{(1+\alpha')\,(1+Kt')}$$

Indem aber schon oben bei der Bestimmung des absoluten Gewichtes eines Cubikcentimeters Luft gezeigt ist, daſs die durch Biot hierfür gefundene Gröſse von der nachher durch mich nach den genaueren Bestimmungen des Punctes der gröſsten Dichtigkeit und der Ausdehnung des Wassers erhaltenen nur unmerklich abweicht, so behalte ich der Kürze wegen jene Gröſsen bei. Es ist demnach das Gewicht eines Cubikcentimeters trockner atmosphärischer Luft bei 0° Temperatur gegen Wasser bei der nämlichen Wärme nach Biot's Bestimmung [2]

$$a = 0{,}001299541 \text{ Grammes.}$$

Wird dieses für den Barometerstand, die Temperatur und Ausdehnung des Wassers corrigirt, so ist für den Barometerstand = p:

$$\alpha' = \frac{a \cdot p\,(1+\triangle)}{(1+0{,}00375t')\,0{,}76}$$

1 Biot Traité. I. 400. Die Bestimmungen des spec. Gew. der Luft, des Wassers und des Quecksilbers durch Biot und Arago findet man aus einer früheren Abhandlung dieser Gelehrten mitgetheilt nebst verschiedenen interessanten Anmerkungen von Gilbert in dessen Ann. XXVI. 162.

2 Die von mir gefundene Gröſse = 0,0012995940 weicht hiervon nur unbedeutend ab.

Die Elemente für diese und die obere Formel waren:

Barometerstand p in der ersten Beobachtung = 0,7572

— — — — zweiten — — = 0,7560

Ausdehnung des Wassers $\triangle$[1] erste Beob. = 0,0017017

— — — — — zweite — = 0,0018654

Indem die Temperatur $t' = 20°,1$ und $20°,9$ C. beobachtet war. Hiernach ist

1ste Beob. $\alpha' = 0,001206079$; $Kt' = 0,005281$

2te Beob. $\alpha' = 0,001192953$; $Kt' = 0,005491$

Hieraus wird

1ste Beob. $\alpha' Kt' = 0,0000006369$; $\alpha' + \alpha' Kt' - Kt' = 0,00067861$

2te Beob. $\alpha' Kt = 0,0000006551$; $\alpha' + \alpha' Kt' - Kt' = 0,00064451$

und wenn diese Werthe in die obere Formel substituirt werden, so erhält man

1ste Beob. $V = 98,721 + 0,0679935 + 0,0671518 = 98,9561453$

2te Beob. $V = 98,716 + 0,1841449 + 0,0637819 = 98,9639268$

Mittel = 98,960036

Soll hiermit das Gewicht des Quecksilbers verglichen werden, so ist zuvörderst das Gewicht der durch das gefüllte Gläschen aus der Stelle getriebenen Luft zu bestimmen. Nach der oben für das specifische Gewicht irgend einer Gasart gefundenen Formel ist

$$\alpha = \frac{\gamma 0,001299024\, h \left(1 - \frac{3}{8}\varepsilon\right)\left(1 - \frac{2e}{R}\right)(1 - 0,0025945 \operatorname{Cos.} 2\varphi)}{336,905\,(1 + 0,00375\, t)}$$

Bleiben hierin die beiden letzten, bei der Vergleichung der an dem nämlichen Orte angestellten Wägungen überflüssigen Coefficienten weg, setzt man in Metern statt 336,905 den gleichen Werth = 0,76 und statt h gleichfalls in Metern p, da γ bei atmosphärischer Luft = 1 ist, so wird

$$\alpha = \frac{0,001299024\, p\, \left(1 - \frac{3}{8}\varepsilon\right)}{(1 + 00375\, t)\; 0,76} \text{ oder nach Biot}$$

$$\alpha = \frac{0,001299541\, p\, \left(1 - \frac{3}{8}\varepsilon\right)}{(1 + 0,00375\, t)\; 0,76}.$$

Ist dann das Volumen des Wassers = V bestimmt, und setzt man

$$a = \frac{\alpha V\, (1 + Kt)}{1 + \triangle}$$

1 Diese Werthe sind, wie schon oben angegeben ist, am meisten abweichend, indem die mitgetheilte Tabelle giebt

für 1 = 0,00177686

für 2 = 0,00195974

um das Volumen der Luft für die Ausdehnung des Glases und des Wassers zu corrigiren, findet man ferner das Gewicht der gewogenen Flüssigkeit, also hier des Quecksilbers = L, so ist das auf den leeren Raum reducirte Gewicht desselben = L + a. Wird das erstere Gewicht auf den Nullpunct der Temperatur reducirt = (L) genannt, so erhält man das Gewicht des Gläschens mit der Flüssigkeit für jede andere Temperatur

$$\frac{(L)\ (1+Kt)}{1+\lambda}$$

wenn λ die Ausdehnung dieser Flüssigkeit durch Wärme bezeichnet. Es ist aber

$$\frac{(L)\ (1+Kt)}{1+\lambda}=L+a$$

woraus $(L)=\frac{(L+a)\ (1+\lambda)}{1+Kt}$ wird.

Es bedarf dann nichts weiter, als dieses Gewicht durch V zu dividiren, um das specifische Gewicht zu haben, und so ist also

$$\pi=\frac{(L+a)\ (1+\lambda)}{V\ (1+Kt)}.$$

Wird der Werth von α mit dem Zahlenwerthe von V, wie dieser eben gefunden ist, multiplicirt, so erhält man $\alpha V = 0{,}1286021$. Hieraus kann nach der angegebenen Formel der Werth von a gefunden werden, da die oben in der Berechnung benutzten Werthe von p und t bekannt sind. Es war aber

Erster Versuch L = 1342,989 Grammes
a = 0,12004
L + a = 1343,10904

Zweiter Versuch L = 1340,893
a = 0,11872
L + a = 1341,01172

Für eine Ausdehnung des Quecksilbers $=\frac{1}{5412}$ war dann

Erster Versuch $\frac{(L+a)\ (1+\lambda)}{1+Kt}=1345{,}7692$

Zweiter Versuch $\frac{(L+a)\ (1+\lambda)}{1+Kt}=1345{,}3880$

Mittel 1345,5786

mithin das specifische Gewicht des Quecksilbers

$$\pi=\frac{1345{,}5786}{98{,}960036}=13{,}597190$$

und dieses Gewicht in Grammes ausgedrückt ist dann auch das

absolute Gewicht eines Cubikcentimeters Quecksilber bei 0° C. Temperatur. Wird endlich dieser Werth durch das specifische Gewicht der Luft $= \alpha = 0{,}001299541$ dividirt, so ergiebt sich das specifische Gewicht des Quecksilbers gegen Luft $= 10463{,}07$. Das arithmetische Mittel aus vier andern Wägungen, in denen Biot und Arago trockne Luft und Quecksilber in dem nämlichen Ballon abwogen, gab 10463,0 und diese Gröſse auf den Spiegel des Meeres und 45 Grade der Breite reducirt gab 10466,8.

4. Die *hydrostatische Waage*[1] gehört wohl ohne Zweifel unter diejenigen Apparate, womit man die schärfsten Bestimmungen des specifischen Gewichtes der Flüssigkeiten erhalten kann. Wie eine solche Waage construirt seyn müsse, um den jetzigen Forderungen an die physikalischen Apparate zu genügen, wird im Art. *Waage*, *hydrostatische*, angegeben werden, und es genügt daher hier nur zu bemerken, daſs vermittelst derselben wenigstens 0,00001 des Totalgewichts gefunden wird, und daher auch das specifische Gewicht durch sie bis zu dieser Grenze mit Sicherheit erhalten werden kann, mithin weiter, als man dieses gewöhnlich verlangt. Dem Gebrauche derselben steht übrigens theils die Schwierigkeit ihrer sorgfältigen Behandlung, die hierzu erforderliche Zeit und ihre Kostbarkeit entgegen.

Die Bestimmung des specifischen Gewichtes der Flüssigkeiten vermittelst der hydrostatischen Waage beruhet auf dem Grundsatze, daſs die spec. Gew. der Flüssigkeiten bei gleichem Volumen sich wie die absoluten Gewichte verhalten, und daſs das absolute Gewicht eines gewissen Volumens einer jeden Flüssigkeit durch den Gewichtsverlust eines beliebigen, in dieselbe eingetauchten, festen Körpers von gleichem Volumen gefunden wird. Man hängt deswegen an die eine Waagschale der Waage einen birnförmigen Glaskörper und tarirt diesen, so daſs die Waage wieder im Gleichgewichte steht. Dann senkt man diesen Körper in destillirtes Regenwasser, und weil er hierdurch so viel an Gewichte verliert, als das Volumen des durch ihn verdrängten Wassers beträgt, so legt man auf die Waagschale, woran er hängt, dieses Gewicht $= P$ auf, bis die Waage wieder im Gleichgewichte ist. Hiernächst zieht man die Waage wieder in die Höhe, trocknet den birnförmigen Körper rein ab,

1 Es ist auffallend, daſs Biot bei seinen ausführlichen Untersuchungen über das spec. Gew. diesen wichtigen Apparat gar nicht erwähnt.

hängt ihn wieder an die Waagschale, nimmt von dieser das Gewicht $=$ P herab, und läſst die Waage, wie vorher, wieder genau einstechen; dann senkt man den Glaskörper in die zu bestimmende Flüssigkeit, wobei für die Herstellung des Gleichgewichtes nothwendig ist, ein Gewicht $= \Pi$ auf die Waagschale zu legen, und es ergiebt sich von selbst, daſs das uncorrigirte specifische Gewicht der Flüssigkeit

$$\pi = \frac{\Pi}{P}.$$

Werden beide Wägungen bei gleicher Temperatur und nicht merklich verschiedenem Barometerstande angestellt, so begnügt man sich mit dieser Bestimmung, und giebt zugleich diejenige Temperatur und Barometerhöhe an, bei welcher sie erhalten wurde, um hierdurch das Mittel zur scharfen Berechnung zu ertheilen. Gewöhnlich pflegt man sich indeſs zur Erleichterung die jedesmalige Abwägung in Wasser zu ersparen, deswegen den Werth von P bei einer gewissen Temperatur ein für allemal genau zu bestimmen, daher nur Π zu suchen, und somit das specifische Gewicht zu berechnen.

Soll aber das specifische Gewicht der Flüssigkeiten bei 0° C. gegen Wasser im Puncte seiner gröſsten Dichtigkeit mit absoluter Schärfe gefunden werden, so erfordert das angegebene Verfahren vielfache Correctionen, welche einzeln genommen folgende sind:

1. Der Glaskörper ist an einem Drahte oder Faden aufgehangen, welcher zugleich mit in das Wasser und die Flüssigkeit eingetaucht wird, und daher sowohl P als auch Π verändert. Es wäre zwar nicht schwierig, hierfür die erforderliche Correction zu finden, allein man nimmt hierzu einen ganz feinen Draht von Platin, so daſs das mehr oder weniger lange Ende desselben, welches in beide Flüssigkeiten eingetaucht wird, gar nicht in Betrachtung kommt, und man darf daher diesen möglichen Fehler füglich vernachlässigen, auch da, wo die höchste Genauigkeit erfordert wird.

2. Der Glaskörper sollte eigentlich im luftleeren Raume gewogen werden, wird aber in der Luft gewogen. Verliert er daher im Wasser gewogen P, so ist sein auf den luftleeren Raum reducirter Gewichtsverlust $P' = P\ (1 + \alpha)$, wenn α das früher bestimmte Verhältniſs der Luft zum Wasser bezeichnet. Auf gleiche Weise ist sein Gewichtsverlust in der zu untersuchenden

Flüssigkeit auf den leeren Raum reducirt $\Pi' = \Pi + P\alpha$, und es wäre hiernach sein corrigirtes specifisches Gewicht

$$\pi' = \frac{\Pi + P\alpha}{P + P\alpha}.$$

Der Unterschied des so corrigirten Gewichtes von dem oben angegebenen ist so viel gröſser, je gröſser der Unterschied zwischen P und Π ist, oder je gröſser oder geringer das specifische Gewicht der untersuchten Flüssigkeit ist. Es ist nämlich

$$\frac{\Pi + P\alpha}{P + P\alpha} = \frac{\Pi}{P} + \frac{(P - \Pi)\,\alpha}{P\,(1 + \alpha)}$$

Wäre hier $P = \Pi$, so wäre das zweite Glied $= 0$ und das spec. Gew. $= 1$, wie dieses auch nothwendig folgen muss. Der gröſste Unterschied tritt ein, wenn das spec. Gew. der Schwefelsäure nahe genau $= 2$ wird, und um diesen besser zu übersehen, oder das Maximum des Unterschiedes kennen zu lernen, ist für diesen Fall das specifische Gewicht $= 1{,}9987$ statt 2. Hieraus ergiebt sich, daſs diese Correction ohne bedeutenden Einfluſs bei weitem in den meisten Fällen vernachlässigt werden kann.

3. Soll das specifische Gewicht der Flüssigkeiten bei 0° C. gegen Wasser im Puncte seiner gröſsten Dichtigkeit gefunden werden, so müſste man die Abwägung in beiden Flüssigkeiten bei diesen Temperaturen vornehmen, und da dieses sich nicht füglich bewerkstelligen läſst, so wird deswegen die bedeutendste Correction unter allen erfordert. Es folgt nämlich von selbst, daſs das gefundene uncorrigirte Gewicht bei der Wägung sowohl im Wasser als auch in der Flüssigkeit um so viel zu geringe ist, als das Verhältniſs der Ausdehnung des Glaskörpers beträgt, und um so viel zu groſs, als die Flüssigkeit durch Wärme ausgedehnt wird. Indem also hiernach

$$P'' = \frac{P'\,(1 + \triangle)}{1 + Kt} \text{ und } \Pi'' = \frac{\Pi'\,(1 + \lambda)}{1 + Kt'}$$

ist, wenn $\triangle$ und λ die Ausdehnung des Wassers und der Flüssigkeit bei den Temperaturen t und t′ bezeichnen, P' und Π' aber der für den aërostatischen Einfluſs der Luft beim Wägen corrigirte Gewichtsverlust des Körpers im Wasser und in der Flüssigkeit (wobei man ohne merklichen Fehler mit Weglassung dieser Correction P' und $\Pi' = P$ und Π setzen kann), so ist

$$\pi' = \frac{\Pi'\,(1 + \lambda)\,(1 + Kt)}{P'\,(1 + \triangle)\,(1 + Kt')}$$

das corrigirte specifische Gewicht. In den meisten Fällen ist

$t = t'$ oder unmerklich davon verschieden, dann fällt der letzte Theil der Formel weg, und man erhält

$$\pi' = \frac{\Pi' (1 + \lambda)}{P'(1 + \triangle)},$$

oder da die unter No. 2 angegebene Correction bei weitem in den meisten Fällen füglich weggelassen werden kann,

$$\pi' = \frac{\Pi \ (1 + \lambda)}{P(1 + \triangle)}.$$

Hierin kann der Werth von $\triangle$ aus der im Anfange mitgetheilten Tabelle entnommen werden, allein λ ist nicht allezeit, vielmehr in der Regel gar nicht bekannt, denn man kennt das spec. Gew. aller derjenigen Flüssigkeiten, deren Ausdehnung bisher genau aufgefunden ist, und wird dieses also nicht zu bestimmen bemüht seyn, wohl aber dasjenige der Flüssigkeiten, deren Ausdehnung auf gleiche Weise als ihr spec. Gewicht unbekannt ist.

Es bedarf wohl kaum der Bemerkung, daſs auch mit diesem Apparate die Ausdehnung der tropfbaren Flüssigkeiten gefunden werden könne, wie dieses noch kürzlich durch Hällström [1] geschehen ist. Das hierfür erforderliche Verfahren näher anzugeben, scheint mir indeſs überflüssig, weil es bereits oben unter No. 2 für das Fahrenheit'sche Gravimeter vollständig mitgetheilt ist. Ebenso folgt aus den angestellten Betrachtungen von selbst, daſs das so eben beschriebene Verfahren vorzüglich geeignet ist, um das absolute Gewicht eines gegebenen Volumens Wasser zu finden, worauf dann die Gewichte aller übrigen Flüssigkeiten reducirt werden können. Zu diesem Ende darf man nur einen genau gearbeiteten festen Körper, wozu man meistens einen Würfel oder Cylinder wählt, in das Wasser herabsenken, und seinen Gewichtsverlust suchen, so ist hiermit das Gewicht eines gleichen Volumens Wasser gegeben. Eine genauere Beschreibung des Verfahrens wird im Art. *Maſs* mitgetheilt werden.

Bei weitem die wenigsten gefundenen specifischen Gewichte der Flüssigkeiten sind corrigirt, auch geht dieses nicht füglich an, wenn nicht die Ausdehnung derselben bekannt ist, und sie sind auſserdem nicht einmal sämmtlich bei der nämlichen Tem-

1 G. LXXVII. 129. Das durch diesen mit Recht hochgeachteten Physiker befolgte Verfahren gehört mehr hierher, als zu No. 2, wo es gleichfalls erwähnt wurde.

peratur gefunden. Im Allgemeinen kann man indeſs annehmen, daſs sie bei mittleren Temperaturen von etwa 15° bis 18° C. gefunden sind. Man darf daher auch nicht erwarten, daſs die Angaben der verschiedenen Gelehrten vollkommen mit einander übereinstimmen. Weil es indeſs sehr angenehm ist, die gangbarsten Bestimmungen der specifischen Gewichte der Flüssigkeiten, wenn sie auch nur in genäherten Werthen richtig sind, sogleich einsehen zu können, so habe ich diese in der nachfolgenden Tabelle zusammengestellt.

Flüssigkeiten	Sp. Gew.	Flüssigkeiten	Sp. Gew.
Aethersäure - -	1,0150	Kleesäure - -	1,0450
Alkohol - - -	0,7920	Krausemünzöl -	0,9750
Ameisensäure -	1,1168	Lavendelöl - -	0,8930
Ameisens. Naphtha	0,9157	Leinöl - - -	0,9400
Ammoniak - -	0,8750	Mandelöl - -	0,9200
Anisöl - - -	0,9857	Milch - 1,020	1,0410
Arsenikäther -	0,6900	Mohnöl - - -	0,9220
Arseniks., stärkste	2,5500	Muscatnuſsöl -	0,948
Bergamottöl -	0,8880	Nelkenöl - -	1,0340
Bier 1,0230	1,0340	Nuſsöl - - -	0,9470
Blausäure - -	0,7050	Oelsäure - -	0,8990
Blutwasser 1,0250	1,0310	Olivenöl - -	0,9153
Brenz. Essiggeist	0,7864	Petroleum 0,836	0,7580
Boraxsäure - -	1,7770	Pfeffermünzöl -	0,9200
Bucheckernöl -	0,9230	Pomranzenschalenöl	0,8880
Cajaputöl - -	0,9780	Ricinusöl - -	0,9699
Calmusöl - -	0,8990	Rosenöl - - -	0,8320
Cascarillenöl -	0,9380	Rosmarinöl - -	0,8886
Citronenöl 0,8470	0,8517	Rüböl (Rapsöl)	0,9193
Chlorschw. im Min.	1,7000	Salpeternaphtha	0,8000
— — im Max.	1,6280	Salpetersäure -	1,5130
Chlorstickstoff -	1,6530	Salpetrige Säure	1,4510
Cyan, flüss. -	0,9000	Salzäther - -	0,874
Delphinöl - -	0,9178	Salzsäure, höchstens,	1,2109
Delphinsäure -	0,9410	Salveiöl - - -	0,8640
Erdöl - 0,7500	0,8400	Sassafrasöl - -	1,0940
Essigäther - -	0,8660	Schwefeläther 0,710	0,758
Essigsäure, concentr.	1,0791	Schwefelblausäure	1,0220
Essigsäurehydrat	1,0630	Schwefelkohlenstoff	1,2720
Fenchelöl - -	0,9970	Schwefelsäure -	1,9546
Fluſssäure - -	1,0609	— geschmolz.	1,9700
Harn - - -	1,0110	— Nordhäuser	1,8960
Honig - - -	1,4500	— Vitriolöl	1,8450
Hydriodnaphtha	1,9206	— Unterschwefels. Hydrat	1,3470
Hydriodsäure -	1,7000		

Flüssigkeiten	Sp. Gew.	Flüssigkeiten	Sp. Gew.
Seewasser - -	1,0286	Wein. Burgund	0,9920
— todtes Meer	1,2122	— Bourdeaux	0,9940
Spiköl - - -	0,8770	— Champagner	0,9620
Therpentinöl -	0,7920	— Portw. -	0,9970
Thran - - -	0,9270	— Capwein	1,0210
Wachholderöl -	0,9110	— Canarien	1,0330
Wasserstoffhyper-		— Malaga -	1,0150
oxyd	1,4520	— Madeira -	1,0380
Wein. Rhein. 0,9925	1,0020	Weinsteinöl -	1,5400
— Französ. weiſs	1,0200	Zimmetöl - -	1,0350

C. Specifisches Gewicht der festen Körper.

Zur Bestimmung des specifischen Gewichtes fester Körper bedient man sich in der Regel nur zweier Apparate, des Nicholson'schen Hydrometers und der hydrostatischen Waage, und diese beiden scheinen mir auch allein hierzu brauchbar zu seyn. Jener erstere Apparat ist bereits beschrieben[1], und dem letzteren wird noch ein eigener Abschnitt im Artikel *Waage* gewidmet werden. Das Verfahren bei beiden ist so ziemlich das nämliche, indeſs scheint es mir am zweckmäſsigsten, jedes einzeln zu beschreiben.

1. Das *Aräometer* ist nicht ohne Grund durch Haüy zur Bestimmung des spec. Gew. insbesondere der Mineralien empfohlen, denn es vereinigt Bequemlichkeit mit Genauigkeit, und ist daneben nicht kostbar. Die schon im Art. *Aräometer* beschriebene Methode, das spec. Gew. vermittelst desselben zu bestimmen, ist in der Kürze folgende. Bei einer mittleren Temperatur wird der Apparat vermittelst willkürlicher, in die obere Schale gelegter Gewichttheilchen zum Eintauchen bis an das Zeichen an seinem dünnen Halse gebracht, dann nimmt man nach Schätzung die erforderliche Menge Gewichttheile heraus, legt statt deren den zu wägenden Körper hinein, stellt das Gleichgewicht wieder her, so daſs der Apparat bis an das Zeichen einsinkt, und findet hiermit das absolute Gewicht des Kör-

1 S. Art. *Aräometer*. Th. I. S. 385 und 86, wo das Nicholson'sche Hygrometer und das etwas abgeänderte *aréomètre-balance*, dessen sich Charles bediente, beschrieben und in Fig. 77 und 78 abgebildet sind.

pers = Π. Wird derselbe dann in das Schälchen am unteren Theile des Apparates gelegt, und auf diese Weise mit in das Wasser getaucht, so wird das Gewicht des Ganzen um so viel leichter seyn, als das Gewicht des durch den Körper verdrängten Wassers beträgt, und dieses muſs daher durch Gewichttheile ersetzt werden, welche man in das obere Schälchen legt. Sind diese = P, so ist das uncorrigirte spec. Gew. des Körpers

$$\pi = \frac{\Pi}{P}.$$

2. Das Verfahren beim Gebrauche der hydrostatischen Waage hat hiermit groſse Aehnlichkeit, und ist im Wesentlichen das nämliche, wie ich solches oben unter B No. 4 beschrieben habe. Man hängt nämlich den zu untersuchenden Körper an einem geeigneten Faden an das Häkchen unter der einen Waagschale, und sucht sein absolutes Gewicht = Π, läſst ihn dann in das Wasser herabhängen, wodurch er um ein dem seinigen ganz gleiches Volumen Wassers leichter wird, dessen Gewicht die Menge der Gewichttheile angiebt, welche man aus der anderen Waagschale nehmen, oder in diejenige, woran er selbst aufgehangen ist, zulegen muſs, um das Gleichgewicht nach dem Einsenken in das Wasser wieder herzustellen, und welches = P ist. Diesemnach ergiebt sich das uncorrigirte spec. Gew.

$$\pi = \frac{\Pi}{P}.$$

Das hier im Allgemeinen angegebene Verfahren erfordert indeſs verschiedene Vorsichtsregeln und einige Correctionen, welche ich einzeln namhaft machen will, da sich die meisten auf beide Apparate beziehen.

a. An jeden festen Körper setzen sich gar leicht Luftblasen an, welche ihn beim Eintauchen in das Wasser nicht verlassen und als kleine Schwimmblasen auſserordentlich erleichtern. Man sieht daher nicht selten, daſs z. B. Zucker im Wasser durch die Luftblasen wieder emporgehoben wird, welche aus seiner Masse hervordringen. Hierdurch verlieren also die Körper im Wasser ungleich mehr an Gewicht, als ihrem Volumen proportional ist, und da dieser Fehler nicht corrigirt werden kann, so ist sorgfältig darauf zu achten, daſs solche Blasen nicht vorhanden sind, auch kann man sie bei gehöriger Vorsicht mit einem Drahte einzeln entfernen.

b. Der feste Körper muſs an der hydrostatischen Waage

vermittelst eines Halters aufgehangen werden, dessen absolutes und specifisches Gewicht zugleich mit dem des zu untersuchenden Körpers gefunden wird, und daher mit letzterem verbunden eine Unrichtigkeit herbeiführt. Man hat früher vorgeschlagen, sich zum Aufhängen eines Pferdehaares zu bedienen, dessen spec. Gew. von dem des Wassers wenig verschieden ist, allein dieses würde den Fehler nur dann aufheben, wenn man ein gleiches Pferdehaar bei der Bestimmung des absoluten Gewichtes in die Waagschale der Gewichte legte und nach dem Einsenken in das Wasser bis auf einen gleichen Theil, als welcher nicht in das Wasser getaucht ist, herausnähme, in welchem Falle der begangene Fehler verschwindend klein seyn würde. Sonst wird auch gerathen, einen sehr feinen Platindraht zum Aufhängen des Körpers zu wählen, und einen gleichen in die andere Waagschale zu legen. Hierbei wird die durch den feinen Draht verdrängte Wassermenge als verschwindend klein betrachtet, welches aber nicht in ganzer Strenge richtig ist. Am besten scheint es mir, den feinen Platindraht, woran der Körper beim Einsenken in das Wasser aufgehängt werden soll, vorher an das Häkchen der Waagschale zu hängen, in das Wasser zu senken und zu tariren, dann das absolute Gewicht des auf der Waagschale liegenden Körpers zu bestimmen, während der Platindraht stets bis zur nämlichen Tiefe im Wasser hängt, hiernächst den Körper in der Schlinge des Drahtes befestigt ins Wasser zu senken und das Gleichgewicht der Waage wieder herzustellen, wedurch das Gewicht des durch ihn verdrängten Wassers $= \Pi$ gefunden wird. Bei dieser Methode fällt der angegebene Fehler völlig weg.

c. Viele Körper sind leichter als das Wasser, und gehen daher in ihm nicht unter. Diesem Hindernisse ist leicht zu begegnen. Beim Nicholson'schen Aräometer nämlich wird das untere Eimerchen so eingerichtet, daſs man dasselbe umdrehen und mit seiner Wölbung nach oben richten kann, um den Körper unter dasselbe zu schieben, und es muſs für diesen Fall mit Löchern versehen seyn, damit keine Luft unter demselben abgesperrt wird, und die genaue Wägung unmöglich macht. Bei der hydrostatischen Waage ist das Verfahren eben so einfach, indem an die Schlinge, welche den zu wägenden Körper aufnehmen soll, vorher ein paſsliches Bleigewicht gehangen wird, welches diese und den nachher hineingeknüpften Körper im Wasser her-

abzieht. Dabei versteht sich von selbst, dafs jenes Gewicht, auf gleiche Weise als die Schlinge des Platindrahtes, wie so eben angegeben ist, vor der eigentlichen Wägung ins Wasser herabgesenkt, dann das Gleichgewicht der Waage hergestellt, und demnächst erst die eigentliche Wägung angefangen wird.

d. Eine nicht unbedeutende Zahl von Körpern sind von der Art, dafs sie eine grofse Menge von Wasser in sich aufnehmen, ohne dadurch aufgelöset zu werden. Biot[1] nennt in diesem Falle die Bestimmung des spec. Gewichtes zweideutig, allein die Sache ist noch weit bedeutender, als sie hiernach erscheint, wenn man die Frage allgemein aufstellt, in welcher Form der Körper ihr spec. Gew. bestimmt werden soll? Die Wichtigkeit dieser Frage wird einleuchtender, wenn ich die Behauptung aufstelle, dafs mit Ausnahme der leichteren Metalle, des gestandenen Fettes, des Wachses und einiger anderen Körper alle übrigen, namentlich die sämmtlichen Holzarten an sich specifisch schwerer sind, als Wasser. So sinken feines Sägemehl von jedem Holze, sehr fein geraspelter oder mit einer scharfen Feile gefeilter Kork, ja sogar der feine Staub auf Meublen und Büchern, welcher in den Zimmern mechanisch in die Höhe gehoben wird (sogenannte Sonnenstäubchen) und aus der Luft wieder herabfällt, im Wasser unter. Von den Hölzern ist es schon seit Jurin[2] bekannt, dafs viele derselben im Wasser untergehen, wenn sie eine geraume Zeit darin gelegen haben, weil sich dann eine beträchtliche Menge Wasser in ihre Poren drängt, und so folgt von selbst, dafs feuchte Hölzer, wenn sie lange Zeit dem Eindringen des Wassers in ihr Inneres ausgesetzt waren, specifisch schwerer seyn müssen, als ausgetrocknete. Eine hierher gehörige Thatsache erzählt Scoresby[3], nämlich dafs Holz, welches tief ins Meer gesenkt wird, durch den ungeheuren Wasserdruck so viel Wasser aufnimmt, dafs es beträchtlich schwerer als das Wasser erscheint. Die Untersuchung dieser Sache wurde durch einen Zufall in Anregung gebracht. Es

1 Traité. I. 427.

2 Phil. Trans. XXXI. 114.

3 Edinb. Phil. Journ. N. II. p. 363. Bei den angestellten Versuchen ist merkwürdig, dafs alle dazu angewandten, bis 6348 engl. Fufs tief ins Meer hinabgesenkten Hölzer specifisch schwerer wurden als Wasser aufser Korkholz, welches nur von 0,225 auf 0,478 stieg. Vgl. ebend. No. XI. p. 115.

traf sich nämlich, daſs das Tau an der Harpune sich um das Boot schlang, und der harpunirte Wallfisch dasselbe mit sich in die Tiefe zog, dann aber, nachdem er wieder an die Oberfläche gekommen und getödtet war, seines geringen spec. Gew. ungeachtet, durch dasselbe zum Sinken gebracht wurde, und verloren wäre, wenn man nicht das Tau durch einen Haken festgehalten hätte. Absichtlich nachher angestellte Versuche mit Hölzern, welche in beträchtliche Tiefen hinabgelassen wurden, zeigten dann das starke Eindringen des Wassers in dieselben und ihr auſserordentlich vermehrtes spec. Gewicht. Eben dieses ist der Fall bei verschiedenen Fossilien, namentlich den meisten Steinen, welche mit Wasser gesättigt ein weit gröſseres absolutes Gewicht haben, als wenn sie trocken sind, und daher bei der Bestimmung ihres spec. Gew. ganz andere Werthe in jenem Zustande als in diesem geben müssen, wie namentlich schon Brisson und Guyton de Morveau bemerkt haben[1].

Daſs hieraus eine gewisse Unsicherheit in der Bestimmung des specifischen Gewichtes mancher Körper entstehen müsse, ist keinen Augenblick zu verkennen, und hiernach muſs dann auch der Grad der Genauigkeit gewürdigt werden, dessen die bis jetzt bekannten Angaben fähig sind. Inzwischen glaube ich dennoch, daſs die Hauptfrage, nämlich wie und unter welchen Bedingungen das spec. Gew. solcher poröser Körper bestimmt werden müsse, leicht zu beantworten sey. Indem man nämlich im Allgemeinen den praktischen Nutzen berücksichtigt, kann man die Körper nicht wohl anders in Untersuchung nehmen, als wenn sie sich in ihrem gewöhnlichen mittleren Zustande der Trockenheit befinden, und auf allen Fall darf man sie nicht in Pulverform wiegen, obgleich auch disses zur näheren Erforschung ihrer eigentlichen Beschaffenheit nicht unnütz ist, und mit einem wenig bekannten, unten zu beschreibenden Apparate leicht und sicher geschehen kann.

Hiernach wird also das spec. Gewicht namentlich der Hölzer, desgleichen einiger Fossilien und unter ihnen hauptsächlich der Steine, so wie auch verschiedener anderer Körper in ihrem am meisten regelmäſsigen und gewöhnlichen Zustande mittlerer Trockenheit bestimmt. Dabei ist aber hauptsächlich zu berücksichtigen, daſs verschiedene dieser Substanzen beim Einsinken

1 Ann. de Chim. LX. 121.

ins Wasser eine grofse Menge desselben einsaugen, so dafs es meistens unmöglich ist, die Waage zum Gleichgewichte zu bringen. Insofern aber hierbei der Körper zunehmend schwerer wird, mufs sein specifisches Gewicht wachsen, und das auf diese Weise gefundene würde in einigen Fällen mit demjenigen gar nicht übereinstimmen, was schon durch das blofse Gefühl gegeben wird. Weil eine Wägung solcher Körper im Wasser überhaupt unmöglich ist, wenn sie in demselben zerfallen, so ergiebt sich hieraus das Verfahren zur Bestimmung ihres spec. Gewichtes von selbst. Es wird nämlich zuerst ihr absolutes Gewicht $= \Pi$ gesucht, dann senkt man sie ins Wasser und läfst sie so lange darin, bis sie während einer zum Einstellen der Waage erforderlichen Zeit kein Wasser mehr einsaugen, nimmt sie heraus, legt sie in die Waagschale der hydrostatischen Waage und bringt diese wieder ins Gleichgewicht, senkt sie dann ins Wasser und notirt ihren Gewichtsverlust $=$ P, wodurch

$$\pi = \frac{\Pi}{P}$$

gegeben wird. Es ist augenfällig, dafs hierdurch ihr eigentliches spec. Gew. gegeben werde, denn man erhält das Verhältnifs ihres absoluten Gewichtes zu dem Gewichte eines gleichen Volumens Wasser. Auf der andern Seite ist nicht zu verkennen, dafs von dem in die Masse des Körpers eingedrungenen Wasser gleichfalls Wasser verdrängt, und somit in gewisser Hinsicht der Gewichtsverlust gefunden wird, welchen dieses veranlafst. Man wiege z. B. einen lockeren Stein und finde sein abcolutes Gewicht $\Pi = 1000$ Gewichttheile, senke ihn bis zur Sättigung ins Wasser, und finde die Gewichtsvermehrung $= 50$ Gewichttheilchen. Nach dem Einsenken des an der hydrostatischen Waage hängenden Körpers sey das Gewicht, welches man der Waagschale, woran derselbe hängt, zum Herstellen des Gleichgewichts zulegen mufs $= 240$ Gewichttheile $=$ P, so ist sein eigentliches specifisches Gewicht

$$\pi = \frac{\Pi}{P} = \frac{1000}{240} = 4{,}167.$$

Berücksichtigt man aber, dafs die aufgesogenen 50 Gewichttheile Wasser nicht zu seiner Masse gehören, so hat man

$$\pi = \frac{\Pi}{P} = \frac{1000}{240 - 50} = \frac{1000}{190} = 5{,}263.$$

Es ist indeſs klar, daſs jene erste Bestimmung nach dem aufgestellten Principe die richtige sey.

e. Verschiedene Körper, als Salze, Gummi u. s. w. sind im Wasser auflöslich, und können daher in dasselbe nicht eingetaucht werden; sie sind dagegen unauflösbar in einer andern Flüssigkeit von bekanntem spec. Gewichte = L. In diesem Falle wiege man sie in dieser Flüssigkeit, und bestimme den Gewichtsverlust = S. Man erhält alsdann die Proportion P : S = 1 : L, wenn P den Gewichtsverlust im Wasser bezeichnet, und man findet also das spec. Gew.

$$\pi = \frac{\Pi L}{S}$$

Dieses ist zwar in der Theorie sehr leicht, allein in der Praxis muſs die gehörige Vorsicht angewandt werden, damit überall keine Auflösung der Körper durch diejenigen Flüssigkeiten stattfindet, in denen man die Wägung vornimmt. Insbesondere fand Hassenfratz[1], daſs auch die reinsten Flüssigkeiten, deren man sich gewöhnlich zu diesem Zwecke bedient, dennoch leicht etwas namentlich von den Salzen auflösen, wenn man das spec. Gew. von diesen durch Wägen in jenen bestimmen will. Er glaubte daher bloſs das Quecksilber als einzig sicher anwenden zu können. Zu diesem Ende tarirte er ein Glas mit etwas langem Halse und einem stets bis zu einer gewissen gleichen Tiefe herabgehenden Glasstöpsel, füllte dasselbe mit Quecksilber voll, und bestimmte dessen Gewicht, dann leerte er dasselbe aus, brachte das zu bestimmende Salz von bekanntem absoluten Gewichte hinein, tarirte dieses nebst dem Glase auf einer Waage, goſs das Gläschen voll Quecksilber, und wog die Quantität desselben, nachdem er zuvor die in den Zwischenräumen enthaltene Luft durch Exantliren unter einer Campane vermittelst der Luftpumpe weggeschafft hatte. Der Unterschied der Gewichte des Quecksilbers, welches das leere Glas und das mit hineingeschüttetem Salze wog, gab das Volumen des letzteren und dieses nebst seinem absoluten Gewichte das specifische Gewicht. Wenn indeſs die Salze, obgleich nicht eigentlich in Pulverform, doch nur in kleineren Stücken vorhanden sind, so läſst sich von dieser Methode keine groſse Genauigkeit erwarten. Es findet nämlich eine weit gröſsere Adhäsion der Quecksilbertheilchen unter

1 Ann. de Chim. XXVIII. 1 ff.

sich als gegen die Salze statt, dieses wird daher nicht in die Zwischenräume zwischen den einzelnen Stücken eindringen, um so weniger, wenn die letzteren in die Höhe gehoben werden, und das spec. Gew. kann daher durch diese Methode nicht genau erhalten werden [1]. Dem später zu erwähnenden Stereomètre von Say gebührt daher auch in dem vorliegenden Falle der Vorzug.

f. In der Regel sind die Bestimmungen der specifischen Gewichte weder mit dem Aräometer noch mit der hydrostatischen Waage so genau, daſs es sich der Mühe belohnte, sie wegen aller enthaltenen Fehler zu corrigiren. Man giebt daher denjenigen Thermometer- und Barometerstand an, bei welchem die Wägung angestellt ist, und sieht dieses als genügend an, wobei man nur darauf bedacht ist, daſs die Temperatur eine mittlere von etwa 15° bis 20° C. ist. Der Vollständigkeit wegen will ich indeſs die erforderlichen Correctionen hinzufügen.

Wird mit dem einen oder dem andern der genannten Apparate das absolute Gewicht des zu untersuchenden Körpers gefunden, so ist dieses um so viel geringer, als das Gewicht der aus der Stelle verdrängten Luft beträgt. Das Volumen dieser Luft ist aber allezeit so groſs, als das Volumen des durch denselben Körper verdrängten Wassers, und da letzteres durch das Gewicht $= P$ bestimmt wird, so muſs hiernach das corrigirte Gewicht $\Pi' = \Pi + \alpha P$ werden, wenn α das oben angegebene corrigirte Verhältniſs der Dichtigkeit der Luft gegen Wasser bezeichnet. Allein dieser Gewichtsverlust ist um so viel zu groſs, als der Körper selbst durch Wärme ausgedehnt wird, und muſs also um ebensoviel vermindert werden, wonach also $\Pi' = \Pi + \alpha P (1 - K t)$ wird, wenn K die cubische Ausdehnung des gewogenen Körpers bezeichnet. Auf gleiche Weise ist der gefundene Verlust im Wasser, oder das Gewicht des aus der Stelle verdrängten Wessers um so viel zu geringe, als die Ausdehnung des Wassers beträgt, jedoch darf diese Gröſse nicht ganz genommen werden, sondern um denjenigen Theil vermindert, um welchen der Körper selbst durch Wärme ausgedehnt ist. Hieraus wird der corrigirte Werth dieser Gröſse $P' = P (1 + \Delta (1 - K t))$ wenn Δ die Ausdehnung des Wassers vom Puncte seiner gröſsten Dichtigkeit an gerechnet bei der Temperatur der Wä-

1 Vergl G G. Schmidt bei G. IV. 207.

gung beträgt. Diesemnach ist also das corrigirte specifische Gewicht des Körpers

$$\pi' = \frac{\Pi + \alpha P(1 - Kt)}{P(1 + \triangle(1 - Kt))}$$

Hierbei kann der Werth von $\triangle$ aus der oben mitgetheilten Tabelle für die Ausdehnung des Wassers bei den verschiedenen Temperaturgraden entnommen werden, der Werth von K ist aber nicht allgemein bekannt. In einigen Fällen, wenn die lineare Ausdehnung der festen Körper sich mit einem genügenden Grade von Genauigkeit aus der im Art. *Ausdehnung*[1] mitgetheilten Tabelle entnehmen läſst, z. B. wenn man das spec. Gewicht der Metalle bestimmen wollte, darf man nur die dort aufgezeichneten Werthe der linearen Ausdehnung mit 3 multipliciren, um die cubische = K zu erhalten. In vielen Fällen ist übrigens die Ausdehnung der Körper so geringe, daſs der Factor für dieselbe füglich vernachlässigt werden kann, ohne der Genauigkeit Abbruch zu thun, um so mehr, als der Factor 1 + Kt sowohl im Zähler als auch im Nenner vorkommt. Lassen sich aber die angegebenen Correctionen in der erforderlichen Schärfe anwenden, so erhält man nur dadurch das specifische Gewicht der festen Körper bei 0° Temperatur gegen Wasser im Puncte seiner gröſsten Dichtigkeit völlig genau.

Als ein Zusatz zu dieser ausführlichen Darstellung der Methode, nach welcher das spec. Gewicht der festen Körper gefunden wird, möge noch Folgendes betrachtet werden. Manche in Form bloſser Körner, oder selbst als Pulver vorhandene Körper können auf keine Weise an der hydrostatischen Waage aufgehangen und gewogen werden. Sind die Körner so groſs, daſs sie nicht durch die Löcher des Siebchens an Nicholson's Aräometer fallen, und sind sie specifisch schwerer als Wasser, so kann man sich zur Bestimmung ihres spec. Gew. dieses Aräometers bedienen. Sind sie dagegen feiner, so würden sie durch die Löcher fallen, wenn diese auch allezeit sehr klein sind, und wenn sie leichter als Wasser sind, so dürfte es leicht unmöglich seyn, sie ohne Verlust sämmtlich unter das umgekehrte Siebchen zu bringen. Im Allgemeinen ist nach dem, was oben unter d gesagt ist, die Bestimmung des spec. Gew. der Körper in Pulverform, eine miſsliche Aufgabe, und führt zu Resultaten,

1 S. Th. I. S. 582.

welche mit den gewöhnlichen Angaben der spec. Gew. nicht übereinstimmen. Indeſs kann es von Interesse seyn, auch von solchen Körpern, welche bloſs in Pulverform vorhanden sind, z. B. des Schieſspulvers, das spec. Gewicht zu kennen, oder den Unterschied der spec. Gewichte anderer Körper in fester Gestalt und in Pulverform mit einander zu vergleichen. Für diesen Zweck würde ich im Allgemeinen rathen, das durch Say vorgeschlagane Werkzeug in Anwendung zu bringen, indeſs lassen sich auch andere Apparate dazu benutzen, wenn man nicht im Besitze eines solchen ist.

Wenn man die Absicht hat, das specifische Gewicht von Pulvern in der Art kennen zu lernen, um daraus das absolute Gewicht desselben, wenn es einen gegebenen Raum ausfüllt, zu berechnen, z. B. wenn man das Gewicht einer Menge Schieſspulvers zu wissen wünscht, welche einen Cubikfuſs Raum erfüllt, so ist nichts leichter und einfacher, als ein Maſs von genau bekanntem Inhalte damit zu füllen, zu wägen, und hierdurch das spec. Gew. zu bestimmen. Ist z. B. das Gewicht eines Cubikzolles reines Wasser = G, und man besitzt ein genaues Maſs, dessen Inhalt 3 Cub. Z. faſst, so fülle man dieses nach der Tarirung ganz mit dem Pulver an, bestimme dessen absolutes Gewicht = A und hat das spec. Gew. desselben als Masse im Ganzen genommen

$$\pi = \frac{A}{3\,G}.$$

Wenn man kein solches genaues Maſs besitzt, so ist es eben so einfach, ein willkürliches, hierzu geeignetes zu tariren, mit dem Pulver zu füllen, dessen Gewicht $= \Pi$ zu bestimmen, dann dasselbe nach der Ausleerung abermals mit Wasser zu füllen und auch das Gewicht von diesem = P zu bestimmen, wodurch $\pi = \frac{\Pi}{P}$ erhalten wird. Es versteht sich wohl von selbst, daſs eine solche Wägung zu unvollkommen ist, als daſs es sich der Mühe lohnte, hierbei irgend eine Correction anzubringen. Soll dagegen das spec. Gewicht des Pulvers auf eine solche Weise bestimmt werden, daſs man bloſs den Raum berücksichtigt, welchen die Masse desselben einnimmt, also ohne wie eben angenommen wurde, die Zwischenräume zwischen seinen Partikeln mit zu seiner Masse zu rechnen und dasselbe als einen zusammenhängenden, aber höchst zerreiblichen Körper zu betrachten,

so ist es am einfachsten, ein kleines Gläschen mit einem engen Halse [1] auf einer Waage zu tariren, und das Gewicht des Wassers, wodurch dasselbe ganz angefüllt wird = S zu bestimmen. Alsdann wird das absolute Gewicht des Pulvers = Π gesucht, dasselbe in das trockene Gläschen geschüttet und die Waage nach dem Aufsetzen des Gläschens mit dem Pulver ins Gleichgewicht gestellt, statt dessen man auch das Gläschen auf der Waage tariren, das Pulver hineinschütten, und dessen absolutes Gewicht = Π bestimmen kann, welches Verfahren das sicherste ist. Alsdann wird das Gläschen mit Wasser gefüllt (welches auch bei solchen Pulvern, deren spec. Gew. geringer ist als die des Wassers, wegen des Widerstandes der Wände des engen Halses gegen das Aufsteigen derselben sich mit Wasser ganz anfüllen läſst) und das Gewicht dieses Wassers = s gefunden. Hiernach ist also S — s dasjenige Volumen des Wassers, welches durch das Pulver verdrängt ist, und das specifische Gewicht des Pulvers ist

$$\pi = \frac{\Pi}{S - s}.$$

Messungen dieser Art sind sehr schwierig wegen der Luft, die sich gern zwischen den zusammengeballten Theilen der Pulver aufhält, und es wird daher nicht der Mühe werth seyn eine Correction anzubringen. Eben so versteht es sich von selbst, daſs Pulverarten, welche im Wasser auflöslich sind, in Weingeist, Petroleum oder einer sonstigen Flüssigkeit gewogen werden können, wonach dann das gegen diese gefundene spec. Gew. derselben auf diese oben in Nro. 1 angegebene Weise leicht auf Wasser reducirt werden kann, wenn man dasselbe mit dem spec. Gew. der angewandten Flüssigkeiten multiplicirt.

Zur Bestimmung des specifischen Gewichtes von Pulvern ist wohl ohne Zweifel dasjenige Instrument bei weitem am brauchbarsten, welches H. Say unlängst erfunden und unter dem Namen *Stereometer* bekannt gemacht hat. Seiner Zweck-

1 Der Hals eines solchen Gläschens kann eine bis höchstens anderthalb Lin. im Durchmesser halten, und muſs also weiter seyn, als beim Homberg'schen Aräometer, wobei er höchstens 0,4 Lin. weit seyn darf, um eine Verdunstung oder eine Verunreinigung mancher Flüssigkeiten durch die Feuchtigkeit der atmosphärischen Luft zu verhüten.

mäſsigkeit ungeachtet ist dennoch dieses Instrument nur wenig beachtet, weswegen Leslie[1] dasselbe vor Kurzem als eine neue Erfindung von ihm selbst bekannt machen konnte, und deswegen um so mehr zu entschuldigen ist, als so viele Herausgeber physikalischer Zeitschriften dasselbe wirklich als eine neue Erfindung aufnahmen[2]. Leslie hat sogleich verschiedene Versuche damit angestellt, und interessante Resultate erhalten. So fand er unter andern das spec. Gew. der Holzkohle gröſser als des Diamants; des Mahagoni-Holzes = 1,680; des Weizenmehles = 1,56; des Zuckers = 1,83; des Kochsalzes = 2,15; der scheinbar leichten vulcanischen Asche = 4,4 in genauer Uebereinstimmung mit dem, was oben Nr. 4 angegeben ist. Der Apparat verdient also gar sehr empfohlen zu werden. Weil ich denselben aber bereits ausführlich beschrieben, und die Methode, nach welcher das spec. Gewicht von Pulvern vermittelst desselben gefunden wird, genau angegeben habe[3], so genügt es hier auf jene Stelle zu verweisen.

So wie man nach dem, was oben unter B angegeben ist, vermittelst eines genau ausgemessenen festen Körpers das absolute Gewicht eines bestimmten Volumens von Wasser durch Einsenken von jenem in dasselbe finden kann, eben so läſst sich umgekehrt, wenn die letztere Bestimmung als völlig genau betrachtet wird, das Volumen eines Körpers mit gröſserer Schärfe, als geometrische Messungen sie in der Regel geben, durch Einsenken desselben in Wasser finden. Zu diesem Ende stelle man ein geeignetes Gefäſs mit Wasser auf eine Waagschale, senke in dasselbe denjenigen Theil des Fadens oder Drahtes, an welchem man den Körper aufgehangen in das Wasser herablassen will, und stelle die Waage durch aufgelegte willkürliche Substanzen in's Gleichgewicht, binde dann den Körper an den genannten Faden oder Draht, senke ihn in das Wasser so, daſs der Ueberschuſs seines Gawichtes oder sein relatives Gewicht durch die Hand des Beobachters oder einen festen Arm getragen wird, also daſs er den Boden des Wassergefäſses nicht berührt, und lege auf die andere Waagschale so viele Gewichte = E, bis

1 Ann. of Phil. Nro. LXIV. 313.

2 Vergl. Fischer Phys. Wörterb. Th. X. S. 443. Gött. 1827. 8. wo dasselbe gleichfalls als neu nachgetragen ist.

3 S. Th. I. S. 395.

die Waage wieder ins Gleichgewicht gestellt ist. Wenn dann das absolute Gewicht eines gegebenen Volumens Wasser = C bekannt ist, so erhält man einfach das gesuchte Volumen des Körpers $V = \frac{E}{C}$. Ist der Körper beträchtlich lang, und erfordert er deswegen ein etwas grofses Gefäfs mit Wasser, so können die gesuchten Gewichte nicht vermittelst feiner Waagen in gehöriger Schärfe erhalten werden. Es ist daher in diesem Falle und wohl allgemein besser, das Gefäfs mit Wasser auf einem Tische hinzustellen, den Körper an einer feinen Waage zu tariren, dann ins Wasser herabzulassen, und auf diese Weise seinen Gewichtsverlust = E zu bestimmen, um vermittelst der nämlichen Formel sein Volumen = V zu finden. Nach der französischen Mafsbestimmung wiegt ein Cubik-Centimeter reines Wasser im Puncte seiner gröfsten Dichtigkeit 1 Gramm. Hätte also bei einer solchen Wägung das erforderliche Gewicht E, 10 Grammes betragen, so wäre C = 1 und V = 10 Cub. Centimeter oder 0,01 Cub. Decimeter gefunden. Aus dem Vorhergehenden folgt von selbst, dafs diese Bestimmung nur dann völlig genau seyn könnte, wenn die Wägung bei 3°,78 C. also im Puncte der gröfsten Dichtigkeit des Wassers angestellt wäre, und selbst dann würde sie in sofern nicht absolut scharf seyn, als der von 0° C. an bis 3°,78 ausgedehnte Körper mehr Wasser aus der Stelle treibt, als er bis zum Gefrierpuncte erkaltet verdrängen würde. Soll also das Volumen des Körpers bei 0° Temperatur gegen Wasser im Puncte der gröfsten Dichtigkeit desselben gefunden werden, so heifst das hiernach corrigirte Volumen

$$V' = \frac{V(1 + \triangle)}{1 + Kt}$$

wenn △ die Ausdehnung des Wassers bei der Temperatur der Wägung bezeichnet, welche aus der dieser Untersuchung vorausgeschickten Tabelle entnommen werden kann, K aber die cubische Ausdehnung des Körpers von 0° an gerechnet. Dafs auf gleiche Weise auch der Rauminhalt eines gegebenen Gefäfses durch Abwägung desselben, wenn es mit Wasser gefüllt ist, gefunden werde, versteht sich von selbst, ist auch bereits oben gelegentlich erwähnt, auch stützt sich hierauf die gleich im Anfange unter A angegebene Methode der Gewichtsbestimmung von Luft und Gasarten. Es bedarf daher hier auch keiner näheren Angabe der hierbei erforderlichen Correctionen.

Ehe ich diese Untersuchung mit einer Tabelle beschliefse, welche die gangbarsten Bestimmungen der specifischen Gewichte der am häufigsten vorkommenden Körper enthält, mufs ich zuvor noch eine Bemerkung hinzufügen, welche sich auf alle bisher mitgetheilte Bestimmungen der specifischen Gewichte bezieht. Bei allen Wägungen nämlich, wodurch diese erhalten werden, sind zur völligen Genauigkeit Correctionen erforderlich, wodurch der aërostatische Einflufs der Luft auf das Gewicht der gewogenen Körper beseitigt wird, allein es ist unverkennbar, dafs dieser zugleich auch die Gewichttheile selbst afficirt. Inzwischen finde ich ohne genaues Suchen bei keinem Schriftsteller über diesen Gegenstand eine deswegen erforderliche Correction erwähnt, und selbst Biot, welcher die Sache am ausführlichsten und genauesten dargestellt hat, gedenkt ihrer nicht. Im wesentlichen ist aber Folgendes hierbei zu bemerken. 1. Wenn zur Erhaltung des specifischen Gewichtes zwei absolute Gewichte mit einander verglichen werden, also z. B. das absolute Gewicht eines Körpers und das des Wassers, welches er aus der Stelle treibt, oder der Gewichtsverlust eines Glaskörpers im Wasser und in einer andern Flüssigkeit oder die absoluten Gewichte gleicher Voluminum von Wasser und einer Flüssigkeit, also bei den angegebenen Bestimmungen der specifischen Gewichte der Körper, sowohl der elastischen als auch der tropfbar flüssigen und festen, so ist keine Correction wegen des Verlustes erforderlich, welchen die angewandten Gewichtstücke dadurch erleiden, dafs sie nicht im leeren Raume angewandt werden, oder so viel von ihrem Gewichte verlieren, als ein ihrem Volumen gleiches Quantum Luft wiegt, welches sie aus der Stelle treiben, wenn anders beide Wägungen in Luft von gleichem Gewichte angestellt werden. In diesem Falle nämlich sind zwar beide Gewichte leichter, als sie absolut genommen seyn würden, allein in ganz gleichem Verhältnisse, und beide Correctionen heben daher einander auf[1]. Werden daher zwei verglichene Wägungen zu verschiedenen Zeiten und bei merklich veränderten Barometerständen

1 Hällström hat zwar bei seinen Bestimmungen der Ausdehnung des Wassers bei G. LXXVII. 161 die gebrauchten Gewichte auf den leeren Raum reducirt, allein ich meine, es unterliege keinem Zweifel, dafs diese Reduction überflüssig sey, indem man auch mit falschen Gewichten richtige Resultate eshalten würde, wenn diese nur unter sich übereinstimmten.

und Temperaturen angestellt, so ist allerdings eine Correction erforderlich, weil dann die angewandten Gewichte das einemal schwerer sind, als das anderemal, und die Vergleichung beider daher nicht haarscharf seyn kann. Aber auch in diesem Falle ist die Gröſse der erforderlichen Correction so unbedeutend, daſs sie ohne Nachtheil als unmerklich vernachlässigt werden kann. Es läſst sich nämlich voraussetzen, daſs die Temperaturen, bei welchen die Wägungen vorgenommen werden, nicht merklich verschieden sind, und da man dabei an keine bestimmte Zeit gebunden ist, so glaube ich, daſs der gröſste Unterschied des Barometerstandes zu 0,5 Z. angenommen werden kann. Ist dann das spec. Gew. der gebrauchten Messinggewichte nur = 8, so wird der Factor zur Correction auf den leeren Raum, oder das Verhältniſs des Gewichtes des Messings zu dem der atmosphärischen Luft in genäherten Werthen $= \frac{0{,}001299}{8} = 0{,}0001624$, und somit der Unterschied beider Correctionen $= \frac{0{,}0001624}{56} = 0{,}0000029$, eine unmerkliche Gröſse. 2. Wenn dagegen die absoluten Gewichte gegebener Maſse von Wasser, Luft, u. s. w. bestimmt werden sollen, also bei der Regulirung eines normalen Maſssystems, so ist die Correction unentbehrlich, wovon im Art. *Maſs* die Rede seyn wird. Sind dann einmal die normalen Gewichte vermittelst dieser Correction genau bestimmt, so können nach ihnen zu jeder beliebigen Zeit andere von der nämlichen Substanz verfertigt werden, welche dann vollkommene Genauigkeit gewähren, weil beide der nämlichen Correction unterliegen, die sich gegenseitig aufhebt.

Wenn die spec. Gew. von zwei im Wesentlichen identischen Körpern auch mit der gröſsten Sorgfalt bestimmt wurden, so sind die Resultate dennoch zuweilen um eine Kleinigkeit verschieden. Bei Hölzern, thierischen Stoffen u. s. w. welche bald mehr bald weniger trocken sind, ist dieses nicht zu bewundern, ebenso bei Körpern, deren Mischungsverhältniſs verschieden ist, als bei Glassorten, bei solchen, welche einen höhern oder geringern Grad der Verglasung, der Zusammensinterung erlitten haben, als den Porzellanen und erdenen Kunstproducten u. dgl. m. Allein auch manche Fossilien, namentlich Edelsteine und auch die Metalle, zeigen ein ungleiches spec. Gewicht,

welches bei den letzteren insbesondere durch die Art ihrer Bearbeitung, ob sie gegossen, geschmiedet, zu Draht oder zu Blechen gezogen, gemünzt sind u. s. w. verschieden ausfällt, wie insbesondere Brisson in seinem ausführlichen Werke [1] durch viele Beispiele gezeigt hat. Wenn die Unterschiede bedeutend sind, und ihre Kenntnifs nützlich ist, z. B. bei gegossenen, geschmiedeten und zu Draht gezogenen Metallen, so pflegt man die verschiedenen gefundenen spec. Gewichte unter einander zu stellen, im entgegengesetzten Falle begnügt man sich mit der genauesten bekannten Angabe, oder nimmt das wahrscheinlich richtige Mittel aus mehreren. Einen solchen Grad von Genauigkeit, als welcher sich durch die Befolgung der sämmtlichen angegebenen Regeln erhalten liefse, darf man von den meisten bis jetzt bekannten Angaben nicht erwarten.

Hassenfratz [2] hat die Bestimmungen der specifischen Gewichte sowohl der festen Körper als auch der Flüssigkeiten vermittelst der hydrostatischen Waage verdächtig gemacht, weil die Adhäsion der Flüssigkeiten an die in denselben gewogenen Körper eine nicht genau bestimmbare Unrichtigkeit herbeiführe, und daher für Flüssigkeiten das Homberg'sche Aräometer als allein zulässig empfohlen. Allein G. G. Schmidt zeigt aus Theorie und Erfahrung [3], dafs allerdings der Widerstand des Wassers gegen die in demselben gewogenen Körper eine Unrichtigkeit hervorbringen kann, wenn ihre Oberfläche unverhältnifsmäfsig grofs gegen ihre Masse ist, bei allen andern Körpern aber kein Hindernifs herbeiführt, wenn man mit einer hinlänglich beweglichen Waage operirt, bei welcher die Geschwindigkeit der Bewegung nicht in Betrachtung kommt, und die Oscillationen so langsam seyn können, als man verlangt, ohne dafs dadurch der Feinheit der Bestimmungen irgend ein Abbruch geschieht. Die Adhäsion der Flüssigkeiten an die eingesenkten Körper kann aber keine Unrichtigkeit herbeiführen, weil sie nach allen Seiten wirkt, und also sich gegenseitig aufhebt. Blofs in demjenigen Falle, wenn die den Körpern adhärirende Flüssigkeit durch irgend eine Ursache dichter würde, könnte

1 Pesanteur spécifique des Corps. cet. A Paris 1787. 4.

2 Ann. de Chim. An VI. p. 188. daraus in G. I. 396.

3 G. IV. 194. Die Antwort von Hassenfratz auf die ihm gemachten gegründeten Einwürfe findet man in Ann. de Chim. XXXIX. 177. Vergl. v. Arnim in G. IV. 369.

sie das Gewicht desselben vermehren, was aber mit Ausnahme der ohnehin auf diese Weise nicht zu wägenden auflöslichen Substanzen kaum denkbar ist. Daſs aber die, in eine Flüssigkeit gesenkten Körper von dieser benetzt werden müssen, wenn sie nicht durch dieselbe mit einer gröſseren oder geringeren Kraft sollen zurückgestoſsen werden, ist schon oben bemerkt, weswegen es nöthig ist, die Aräometer stets von Fett, Firniſs u. s. w. frei zu erhalten.

Tabellen über die specifischen Gewichte der festen Körper findet man von gröſserem oder geringerem Umfange in den meisten Handbüchern der Physik und auch der Chemie. Eine sehr ausführliche, von den Engländern vorzugsweise gebrauchte, hat Gregory[1] zusammengestellt. Unter den älteren Tabellen sind die bekanntesten die von Ghetaldi[2] und Henkel[3], eine ausführlichere und genauere von B. Martin[4], eine von noch gröſserem Umfange, durch Gregory hauptsächlich benutzte von Davies[5]. Eine sehr ausführliche, lange Zeit fast ausschlieſslich gebrauchte Tabelle hat Musschenbroek[6] zusammengestellt. Sie wurde zum Theil verdrängt durch das bekannte groſse Werk von Brisson[7] über die spec. Gewichte der Körper. Seitdem sind eine Menge einzelner Bestimmungen berichtigt. In Beziehung auf die Mineralien ist dieses im weitesten Umfange geschehen durch Haidinger[8], viele Bestimmungen hat auch Herapath[9] aufzufinden gesucht, jedoch stehen diese letzteren jenen ersteren nach, weil Herapath einen allgemeinen Satz durch

1 Theoretische, praktische und beschreibende Darstellung der mechanischen Wissenschaften von O. Gregory. Deutsch von Dietlein Vol. I. Halle 1824.

2 Archimedes promotus. Rom. 1603. 4.

3 Pyritologia oder Kieshistorie. Leipz. 1725. 8.

4 Philos. Brit. I. 216.

5 Phil. Trans. N. 488.

6 Introd. II. 536. §. 1417.

7 Pesanteur spécifique des Corps. A Paris 1787. 4. Es enthält 989 Bestimmungen, auſser einer Tabelle für Hölzer und einer für Salze. Deutsch von I. G. L. Blumhof, mit Zusätzen von Kästner. Leipz. 1795. 8.

8 Edinb. Journ. of Science. Nro. III. 69. VI. 241. XI. 120.

9 Phil. Mag. LXIV. 322. Berzelius Jahresbericht. 1826. S. 52.

dieselben begründen wollte. In der nachfolgenden Tabelle habe ich mich bestrebt, die besten Angaben aufzunehmen [1], und für die Bequemlichkeit des Aufsuchens in alphabeticher Ordnung so vollständig aufzuzeichnen, als dieses ohne zu grofsen Aufwand von Raum geschehen konnte.

Körper.	Sp. Gew.	Körper.	Sp. Gew.
Achat - - -	2,590	Auripigment (Rauschgelb) - -	3,48
Ahornholz - -	0,750	Axinit - - -	3,270
Alabaster - -	2,700	Balsam, Peruvian.	1,150
Alaun - - -	1,714	Baryt - 3,30	4,800
— Erde 1,20	1,740	Baryum - - -	4,000
— Stein, derb	2,671	Basalt 2,722	2,864
— — kryst.	2,694	Bausteine, ohngefähr	2,500
Albit - - 2,53	2,630	Benzoe - - -	1,063
Allanit - - 3,52	4,000	Bergkork - 0,680	0,993
Aluminit - 1,66	1,705	Bergkrystall 2,685	2,880
Analcim - - -	2,086	Bergmehl 0,360	1,372
Anatas - - -	3,820	Bergtheer - -	1,130
Andalusit - 3,10	3,160	Bernstein - 1,065	1,085
Anhydrit - 2,70	2,899	— Säure -	1,350
Anthophyllit -	3,120	Bildstein - - -	2,810
Anthracit - 1,40	1,480	Bimsstein 0,914	1,647
Antimon - -	6,702	Birnbaumholz -	0,661
— Blende -	4,600	Bitterkalk - -	2,878
— Glanz -	4,600	Bittersalz - -	1,750
— Oxyd -	5,560	Bitterspath - -	2,926
— Silber 9,44	9,820	Blätterkohle - 1,27	1,340
Apatit - - 3,128	3,218	Blättertellur - 7,00	8,910
Apfelbaumholz -	0,793	Blasenstein (menschl.)	1,700
Apophyllit - -	2,335	Blei - - 11,352	11,445
Arragonit - -	2,920	— chromsaures	6,000
Arsenige Säure -	3,698	— Glanz -	7,585
Arsenik - - -	5,760	— Hornerz -	6,060
— Kies - -	6,127	— Oxyd, verglaset - -	8,010
— Nickel -	7,650	— phosphorsaures - - -	7,090
— Säure -	3,698	— Spath - -	6,460
Asbest, biegs. 0,908	2,444		
— gemeiner 2,050	2,800		
Asphalt - - 1,07	1,160		
Augit - - 3,23	3,340		

1 Unter die vorzüglichern Bestimmungen gehören die zahlreichen von Royer und Dumas, welche auf 4° C. und den luftleeren Raum reducirt sind.

Körper.	Sp. Gew.	Körper.	Sp. Gew.
Blei. Vitriol -	6,309	Cölestin - - -	3,858
— Zucker -	2,395	Copal - 1,069	1,139
Blende - - -	4,070	Cordierit - -	2,580
Blutkuchen - -	1,126	Crichtonit - -	4,000
Bolus - - 1,90	2,050	Cronstetit - -	3,348
Boracit - 2,566	2,911	Cypressenholz (spa-	
Borax - - -	1,720	nisches) -	0,644
— Glas - -	2,600	Datolith - 2,85	2,980
— Säure, ge-		Diamant - 3,40	3,600
schmolz. -	1,830	Diaspor - - -	3,430
— — krystall.	1,479	Disthen - 3,545	3,676
Bournonit - -	5,790	Drachenblut - -	1,196
Brasilienholz -	1,031	Dysodil - 1,14	1,250
Braunkohle - -	1,280	Ebenholz, americ.	1,331
Brogniartin - 2,73	2,800	— indisches	1,209
Bronzit - 3,201	3,252	— spanisches	0,800
Buchenholz - -	0,852	Edingtonit - -	2,710
Buchsbaumh. franz.	0,912	Eibenbaum, holländ.	0,788
— holländ. -	1,028	— spanisch.	0,807
— brasil. -	1,031	Eichenkernholz -	1,170
Buntkupfererz -	5,000	Eis, im Mittel -	0,950
Butter - - -	0,942	Eisen, geschmiedet	7,788
Cacaobutter - -	0,892	— gegoss. 7,207	7,251
Calomel - - -	5,600	— Meteor 7,600	7,830
Campecheholz -	0,913	— phosphors.	2,660
Campher - - -	0,986	Eisenchrom - -	4,498
Caoutchouc - -	0,934	— Oxyd, rothes	5,240
Carniol - - -	2,620	— — hydrat	3,940
Cedernholz, wildes	0,596	— Oxydul -	3,500
— aus Palästina	0,613	— Sinter 2,20	2,400
— indisches	1,315	— Vitriol -	1,970
— american.	0,561	Elaterit - - 0,90	1,230
Cerer (neutr. flufss.)	4,700	Elemi - - -	1,083
Cererit - - -	4,930	Elfenbein 1,825	1,917
Cerin - - -	0,969	Epidot - 3,269	3,425
Chabasie - - -	2,040	Epistilbit - -	2,249
Chalcedon 2,207	2,691	Erdkobalt - -	2,240
Chiastolith - -	2,940	Erdpech - - -	0,902
Chrom - - -	5,900	Erlenholz 0,66	0,680
Chromeisen - -	4,362	Eschenholz, Stamm	0,845
Chrysoberyll -	3,750	Euklas - - -	3,090
Chrysolith - 3,34	3,440	Fahlerz 4,79	5,100
Cimolit - - 2,00	2,180	Fahlunit 2,61	2,660
Citronenholz -	0,726	Feldspath 1,841	2,717
Citronensäure -	1 617	Fergusonit - -	5,830
Cocusbaumholz -	0,726	Fernambuckholz	1,014

Körper.	Sp. Gew.	Körper.	Sp. Gew.
Fett, Ochsen -	0,923	Gypsspath - -	2,322
— Schweine	0,937	Harmotom - -	2,390
— Hammel -	0,924	Harz, d. Fichten	1,073
— Kalbs -	0,934	— fossiles -	1,046
Feuerstein 2,594	2,700	Haselnufs - -	0,600
Fliederholz, span.	0,770	Hauyn 2,28	2,833
Flufsspath 3,094	3,194	Helvin - - -	3,100
Franklinit - -	5,090	Hisingerit - -	3,040
Franzosenholz -	1,333	Holunderbaum -	0,695
Gadolinit - -	4,230	Holz, fossiles 0,20	1,380
Gahnit 4,23	4,700	Holzkohle 0,280	0,440
Gallensteinsäure 0,80	1,000	Honigstein 1,58	1,660
Galmei - - -	3,380	Hornblende 2,922	3,410
Gelberde - -	2,240	Hornsilber (Chlors.)	5,550
Gehlenit - -	3,020	Hühnereier - -	1,090
Glanzerz (Schwefel-		Hyazinth 4,35	4,680
silber) - -	7,000	Hyperstehn - -	3,390
Glas, grünes - -	2,642	Jamesonit - -	5,560
— engl. Spiegelg.	2,450	Jaspis 2,358	2,764
— Krystall 2,892	3,000	Idokras 3,08	3,400
— Flint. engl.		Indigo - - -	0,769
3,373	3,442	Jod - - - -	4,948
— — franz. 3,158	3,200	Iridium - - -	19,500
— — Körner's	3,341	Ittnerit - - -	2,300
— — Fraunhofer's	3,779	Kadmium, gegoss.	8,604
Glaubersalz - -	1,470	— gehäm. -	8,694
Glaukolith - -	2,900	— Oxyd -	8,183
Glimmer 2,654	2,934	Kalium - - -	0,865
Gmelinit - -	2,050	Kali, arseniks. -	2,638
Gold, gediegen 13,00	18,000	— chroms. -	2,612
— gegossen	19,258	— kohlens. -	2,600
— gehämmert	19,361	— schwefels.	2,636
Granat, gemeiner		Kalihydrat 1,708	2,100
3,668	3,757	Kalk, gebrannter	1,842
— edler 3,839	4,230	— phosphors.	3,180
Granatbaum - -	1,354	Kalkspath - -	2,714
Granit, ägypt. -	2,654	Kalkstein 2,456	2,720
— gemeiner 2,538	2,956	Kannelkohle 1,21	1,270
Graphit 1,80	2,100	Kaolin - - -	2,210
Griesholz - -	1,200	Karpolit - - -	2,930
Grobkohle 1,45	1,600	Kieselerde - -	2,660
Guajakharz - -	1,205	Kieselmangan 3,50	3,600
Gummi, arab. -	1,452	Kieselkupfer -	2,100
— guttae -	1,482	Kirschbaumholz	0,715
— lack - -	1,139	Kleesäure - -	1,507
Gyps - - 1,875	2,964	Knebelit - - -	3,710

Körper.	Sp. Gew.
Knochen (Ochsen)	1,656
Kobalt, gegoss. -	7,811
— gestreckt	9,152
— arseniks. -	3,033
— Glanz -	6,290
Kochsalz 2,17	2,300
Kohle (eichenholz)	1,573
Korallen - - -	2,690
Korkholz - -	0,240
Korund 3,90	3,970
Kreide 2,252	2,675
Kryolith - - -	2,963
Kupfer, gegoss.	8,788
— gehäm. -	9,000
— Draht -	8,878
— japanisch	8,434
— Erz, rothes	5,990
— Glanz -	5,690
— Kies - -	4,160
— Lasur -	3,831
— Glimmer	2,540
— Oxydul -	5,749
— Schaum -	3,090
— Smaragd 2,10	3,278
— Vitriol 2,19	2,300
— phosphors. 3,60	3,800
— — prism.	4,200
— Manganerz	3,190
— Bleivitriol	5,430
Labrador 2,714	2,751
Lambertsnufsholz	0,600
Laumonit - -	2,300
Lava 2,795	2,823
Lazulith 3,024	3,039
Leberkies - -	4,630
Leuzit 2,48	2,500
Lievrit 3,82	3,99
Limonienbaum -	0,703
Lindenholz - -	0,604
Lorbeerbaum -	0,822
Magneteisenstein	5,090
Mahagoni - -	1,063
Malachit 3,670	4,001
Mangan - - -	7,000
— Oxyd -	4,328
Manganoxydoxydul	4,720
— Glanz -	3,950
Marmor, Campan.	2,736
— Carar. -	2,717
— Parisch. -	2,838
Mastixbaum - -	0,849
Mastix - - -	1,074
Mauerstein - -	2,000
Maulbeerbaum -	0,897
Meerschaum 1,27	1,600
Menakan 4,10	4,500
Mennig - - -	8,940
Mergel 2,40	2,600
Mesotyp - - -	2,249
Messing 7,80	8,400
Meteorstein 3,55	3,600
Mispelbaum - -	0,944
Molybdän 7,50	8,600
— Glanz -	4,590
— Säure -	3,460
Monophan - -	2,150
Natrium - - -	0,972
Natronhydrat -	1,536
Natron, weins. -	1,744
Nephelin - -	2,76
Nephrit - - -	3,02
Nickel, gegoss. -	8,279
— gestreckt	8,666
— Antimonglanz	6,450
Obsidian 2,34	2,390
Olivenbaum - -	0,927
Olivenit - - -	4,400
Onyx 2,638	2,816
Opal 1,70	2,114
Ophit - - -	2,560
Opium - - -	1,336
Orangenbaum -	0,705
Orthit - - -	3,280
Palladium, geschm. 11,30	11,800
— gehäm. -	12,148
Pappelbaum - -	0,383
— weifs, span.	0,529
Pech, weifses -	1,072
Pechkohle 1,29	1,350
Pechstein - -	2,210

Körper.	Sp. Gew.	Körper.	Sp. Gew.
Perlen, orient. -	2,684	Rutil - - - -	4,240
— gemeine -	2,750	Salmiak 1,45	1,600
Petalit - - -	2,44	Salpeter - - -	1,900
Pflaumbaum - -	0,785	Sandarach - -	1,050
Pharmakolith -	2,64	Sandelholz, weiſses	1,0410
Phosphor 1,70	1,77	— rothes -	1,1280
— Säure -	2,687	— gelbes -	0,809
— Eisen -	6,700	Sandstein 2,2	2,500
— Kupfer -	7,122	Sapphir, orient. 4,29	4,830
Pikrosmin 2,59	2,66	— brasil. -	3,130
Platin, geschmolz.	20,855	Sapphirin - -	3,420
— gehämm.	21,314	Sassafrasholz -	0,482
— geprägt -	21,343	Saussürit 3,256	3,343
— Draht -	19,267	Schaumkalk - -	2,530
— Sand - -	15,601	Scheelit - - -	6,760
Polyhalit 2,65	2,769	Schiefer - - -	2,672
Polymigmit - -	4,800	Schieſspulver, ge-	
Porphyr 2,70	2,800	häuft - -	0,836
Porzellan, Meissen	2,493	— geschüttelt	0,932
— Wien 2,075	2,386	— gestampft	1,745
— China -	2,385	Schillerspath -	2,691
— Berlin -	2,293	Schrifttellur - -	5,800
— Sevres -	2,146	Schwefel, Stangen	
Prehnit - - -	2,925	1,92	1,990
Probirstein - -	2,415	— gedieg. 2,07	2,100
Pyrodmalith - -	3,080	— krystallis.	2,033
Pyrorthit - -	2,190	— Blumen [3]	2,086
Quarz - - -	2,652	— Kies - -	4,908
Quecksilber - -	13,597	— Wismuth	6,500
— gefroren [1]	14,391	Schwerspath 4,412	4,679
— gefroren [2]	15,612	Schwimmstein 0,405	0,797
— Peroxyd -	11,290	Selen - - -	4,310
Quittenbaum -	0,705	— blei - -	7,697
Realgar - - -	3,600	Serpentin 2,43	2,669
Retinit 1,07	1,350	Silber, gegoss. -	10,414
Rhodium - -	11,000	— gehäm.	10,622
Rubin, orient. -	3,990	— Glanz 6,9	7,200

1 Nach Schulz Physik. S. 744.

2 Nach Schulze in Gehlen N. J. IV. 434. Ohngeachtet der starken Zusammenziehung des Quecksilbers beim Gefrieren scheint doch diese letztere Bestimmung viel zu groſs.

3 Nach Roger und Dümas in Ann. of Phil. N. S. III. 397. Im compacten Zustande mag dieses Gewicht allerdings das richtige seyn.

Körper.		Sp. Gew.	Körper		Sp. Gew.
Silber, Hornerz -		4,804	Turmalin	3,0	3,300
— rothgiltig	5,42	5,830	Ulme (Stamm) -		0,671
— schwarzgilt.	5,9	6,260	Uran - - - -		9,000
— weiſsgilt. -		5,322	— Glimmer	3,12	3,300
Skorodit - - -		3,162	Wachholder - -		0,556
Smaragd	2,678	2,775	Wachs, gelbes -		0,965
Sodalit	2,37	2,490	— weiſses -		0,969
Speiskobalt - -		6,460	Wacke	2,622	2,893
Speckstein - -		2,600	Walkererde	1,5	2,000
Spinell	3,48	3,64	Wallnuſsbaum -		0,671
Stahl - - - -		7,795	Wallrath - - -		0,942
— Guſsst. -		7,919	Wallroſszahn -		1.933
Staurolith - -		3,720	Wasserglas - -		1,250
Steinkohlen	1,232	1,510	Wawellit - -		2,330
Steinsalz	2,143	2,412	Weiden - - -		0,585
Stilbit	2,192	2,213	Weihrauch - -		1,221
Strahlkies	4,69	4,840	Weinreben - -		1,327
Straſs	3,50	3,600	Weinsäure - -		1,750
Strontian	3,4	3,958	Weinstein-Rahm		1,900
— kohlens. -		3,605	— Säure -		1,596
— schwefels.	3,5	3,900	Wernerit - -		2,720
Strontium	4,0	5,000	Wismuth, gegossen		8,716
Süſserde - - -		2,967	— gehäm. -		9,822
Takamahak - -		1,046	— Oker - -		4,360
Talkerde - -		2,350	— Oxyd -		8,449
Talk, phosphors.		3,130	— Glanz -		6,540
Tanne, weiſs -		0,550	Witherit	4,27	4,436
— roth - -		0,498	Wolfram - - -		7,600
Tantalerde - -		6,500	— Säure -		6,120
Tantalit (von Kimito	7,6	7,900	Wollastonit - -		2,805
Tellur	5,72	6,115	Wootz - - -		7,665
— Wismuth		7,820	Würfelerz - -		2,990
Tennantit - -		4,375	Yttererde - -		4,842
Thomsonit - -		2,370	— phosphors.		4,557
Thon	1,80	2,630	— schwefels.		2,790
— Schiefer	2,67	2,880	Zink, gegoss. -		7,213
Titan - - - -		5,300	— gehämmert		7,861
— Eisen	4,62	4,890	— Oxyd -		5,430
— Oxyd -		4,240	— Vitriol -		1,912
Titanit	3,49	3,600	— Spath -		4,441
Topas	3,49	3,560	Zinn, englisch gegossen - -		7,291
Traganth - -		1,316	— — gehämmert - -		7,799
Tripel	1,0	2,200	— Erz	6,51	6,960
Triphan - - -		3,690	— Kies - -		4,350
Türkis	2,86	3,000			

Körper.	Sp. Gew.	Körper.	Sp. Gew.
Zinn-Oxydul -	6,666	Zirkon 4,0	4,700
— Oxyd (Zinnstein) - -	6,900	— Erde -	4,300
Zinnober - -	8,090	Zucker, weifs. -	1,606
		Zurlit - - -	3,274

D. Specifisches Gewicht der Mischungen.

Sind zwei oder mehrere Körper von ungleichem specifischen Gewichte mit einander durch blofse Zusammenfügung verbunden, z. B. ein hölzerner Stiel in einem eisernen Hammer, so ist das mittlere spec. Gewicht des Ganzen der Summe des der einzelnen Theile proportional. Diese Aufgabe ist so leicht, dafs es genügt, sie nur mit wenigen Worten anzudeuten. Sie kommt hauptsächlich in Betrachtung bei Schiffen, Kähnen, Taucherglocken, Rettungsbooten, Schwimmgürteln u. dgl. m., wenn man spec. schwerere Körper als das Wasser durch Verbindung mit leichteren zum Schwimmen bringen oder das relative Gewicht bestimmen will, womit solche zusammengesetzte Körper untergehen. In diesem Falle mufs man die Summe der Producte, welche die Volumina der einzelnen Theile in ihre bekannten spec. Gewichte geben, durch das Product des Volumens in das spec. Gew. derjenigen Flüssigkeit dividiren, welche durch sie aus der Stelle getrieben wird, um das mittlere spec. Gew. zu erhalten, und zugleich giebt die Differenz dieser letzteren und jener ersteren Gröfse das relative Gewicht, womit ein Körper entweder schwimmen oder untergehen wird. Sind daher die in irgend einem Cubikmafse ausgedrückten Volumina der verbundenen Körper $= V; V'; V'' \ldots V^n$; ihre specifischen Gewichte $= \pi; \pi'; \pi'' \ldots \pi^n$ und ist das spec. Gew. der Flüssigkeit $= p$, so ist das spec. Gewicht des zusammengesetzten Körpers

$$\pi_{,} = \frac{V\pi + V'\pi' + V''\pi'' + \ldots + V^n\pi^n}{(V + V' + V'' + \ldots V^n)\,p.}$$

und das relative Gewicht

$$\pi_{,,} = V\pi + V'\pi' + V''\pi'' + \ldots + V^n\pi^n - (V + V' + V'' + \ldots V^n)\,p$$

wobei der Körper in jeder Stelle der Flüssigkeit schwimmt, wenn $\pi_{,,} = 0$ wird, untergeht wenn $\pi_{,,}$ positiv, und mit einem Theile über die Flüssigkeit hervorragt, wenn $\pi_{,,}$ negativ wird. Manche

Körper, z. B. die thierischen, bestehen zwar aus mehreren Theilen von ungleichem spec. Gewichte, allein sie sind nicht auf gleiche Weise getrennt vorhanden, um ihre Massen und spec. Gewichte einzeln bestimmen zu können, und eben so ist es der Fall mit Baumstämmen, deren Theile nicht überall von gleichem spec. Gew. sind. In diesem Falle behilft man sich bei den erforderlichen Bestimmungen mit einer Schätzung oder genäherten Werthen.

Von noch gröſserem Interesse, als die eben erörterte Aufgabe ist eine andere, nämlich die Mengen der einzelnen Bestandtheile solcher Körper vermittelst des spec. Gewichtes zu finden, welche aus innigst miteinander vereinigten Substanzen bestehen. Diese Betrachtung ist schon in den ältesten Zeiten angestellt, und unter dem Namen des *Archimedeischen Problemes* bekannt. Bereits im Art. *Araeometer*[1] ist nachgewiesen, daſs Archimedes die Bestimmung des specifischen Gewichtes gekannt habe, und so ist wohl nicht zu bezweifeln, daſs ihm diese specielle Aufgabe nicht unbekannt geblieben sey, wenn gleich die durch Vitruv[2] erzählte Anekdote und die zugleich beschriebene Methode der Untersuchung unter die Fabeln gehören, die sich aus den Sagen über die allgemeine Anwendung dieser hydrostatischen Gesetze erhalten haben mögen. Es heiſst nämlich, der König Hiero in Syracus habe eine Krone machen lassen, und dazu 20 ℔ Gold gegeben, woraus ein Künstler sie vortrefflich arbeitete. Bald verbreitete sich aber das Gerücht, es sey nicht alles Gold, sondern statt dessen ein Theil Silber dazu genommen, und Hiero, aus Verdruſs darüber, betrogen zu seyn, habe sich an Archimedes gewandt mit dem Verlangen, die Sache aufzuklären. Dieser dachte lange darüber nach, und als er einst ins Bad stieg, bemerkte er, daſs so viel Wasser aus der Wanne lief, als der eingetauchte Theil seines Körpers betrug, weswegen er vor Freude über die Entdeckung unangekleidet unter dem Ausrufe εὕρηκα (ich habe es gefunden) nach Hause lief. Hier füllte er ein Gefäſs mit Wasser, tauchte in dasselbe ein gewogenes Volumen Gold und maſs die Menge des herausgedrängten Wassers,

1 Th. I. S. 350.

2 De Archit. L. X. Cap. III. p. 204. ed. Rode. Vergl. Q. Rhemnii Fannii Palaemonis de ponderibus et mensuris Lib. in A. Corn. Celsi de re med.

füllte es dann wieder, tauchte ein gleiches Gewicht Silber hinein, maſs das verdrängte Wasser, und fand aus der Vergleichung beider beim Eintauchen der Krone in Wasser, daſs sie nicht aus reinem Golde gemacht sey. Es ist aber aus den Werken des Archimedes[1] genugsam ersichtlich, daſs es einer solchen zufälligen Entdeckung bei ihm nicht bedurfte, um das Problem zu lösen, und dann dürfte auch die Art der Probe für die geforderte Bestimmung nicht genügt haben.

Wenn man voraussetzen darf, daſs die beiden innigst vereinigten Körper, z. B. zusammengeschmolzene Metalle nach der Vereinigung ihre Dichtigkeit nicht ändern, und daſs also das neu entstandene Volumen der Summe der beiden vereinten gleich ist, so folgt, daſs die Dichtigkeit der Mischung der Summe der Producte aus den Dichtigkeiten in die Volumina dividirt durch die letzteren gleich seyn muſs[2]. Heiſst also das specifische Gewicht der Mischung = s; die Volumina und Dichtigkeiten beider gemischter Substanzen V und v; D und d, so ist

$$s = \frac{VD + vd}{V + v} \dots (1)$$

Hieraus folgt von selbst, daſs man aus dem spec. Gew. der Mischung und den Dichtigkeiten der einzelnen Bestandtheile das Volumen des einen finden könnte, wenn das des andern bekannt wäre, oder

$$V = \frac{v(d - s)}{s - D} \text{ also } V : v = d - s : s - D$$

oder bequemer und zur Vermeidung negativer Werthe

$$V : v = s - d : D - s \dots (2)$$

Die erstere Formel giebt das erhaltene specifische Gewicht einer Mischung, z. B. zweier Metalle. Würden also gleiche Theile Blei und Zinn zusammengeschmolzen, jenes vom spec. Gew. = 11,35 dieses = 7,29, so wäre das spec. Gew. dieser Mischung

$$\frac{1 \times 11{,}35 + 1 \times 7{,}29}{1 + 1} = 9{,}32$$

Die zweite giebt das Verhältniſs der vereinigten Theile. Wäre

1 In den Fragmenten seiner Abhandlung *περὶ τῶν ὀχουμένων βιβλ. β.* seu de insidentibus humido Libb. II. in Opp. per Dav. Rivaltum. Par. 1615. fol. findet sich nichts von dieser Untersuchung.

2 Vergl. G. G. Schmidt Hand- und Lehrbuch. S. 164. so wie auch Musschenbroek u. a. Werke.

also das spec. Gew. eine Mischung aus Blei und Zinn $= 8{,}305$ gefunden, so gäbe

$$\frac{8{,}305 - 7{,}29}{11{,}25 - 8{,}305} = \frac{1}{3}$$

das Verhältnifs der Mischung. Hieraus erhält auch das *Archimedeische Problem* seine Auflösung. Wäre das spec. Gew. der Krone $= 18$ gefunden, das des Goldes und Silbers $= 20$ und 10 gesetzt, so war

$$\frac{18 - 10}{20 - 18} = \frac{8}{2}$$

das Mengenverhältnifs der beiden Metalle. Es kann dieses auch aus dem Gewichtsverluste im Wasser unmittelbar gefunden werden, wie dieses durch Archimedes geschehen seyn soll. War nämlich das Gewicht der Krone $= p$, enthielt sie von A das Gewicht $= x$, von C das Gewicht $= p - x$, hätte sie aus A bestehend $= a$ und aus C bestehend $= c$ im Wasser verloren, wurde dann aber der Gewichtsverlust $= b$ gefunden, so war

$$ax + c\,(p - x) = bp$$

also $$x = \frac{b - c}{a - c}\,p.$$

Es sey also $p = 20$ ℔. das Gold allein würde 1 ℔, das Silber allein 2 ℔ verloren haben, die Krone verlor aber 1,1 ℔. so war der Antheil an Golde $\frac{1{,}1 - 2}{1 - 2} \times 20 = 18$ ℔. Werden die Körper nicht nach dem Volumen, sondern nach der Masse oder dem Gewichte gemischt, so ist $m = vd$ und $v = \frac{m}{d}$. Dieses giebt für die Formel 1:

$$s = \frac{M + m}{\frac{M}{D} + \frac{m}{d}} = \frac{(M + m)\,Dd}{Md + mD} \ldots\ldots (3)$$

und für die Formel 2;

$$\frac{M}{D} : \frac{m}{d} = s - d : D - s$$

oder $M : m = D\,(s - d) : d\,(D - s) \ldots\ldots (4)$

Die hierbei zum Grunde liegende Voraussetzung übrigens, nämlich dafs die Körper nach ihrer Verbindung ihr Volumen beibehalten, ist keinesweges genau richtig, indem vielmehr die meisten, wo nicht alle, eine Zusammenziehung erleiden, welche

noch aufserdem nach dem Quantitativen der einzelnen Bestandtheile verschieden ist. Mit dem Probleme, aus dem spec. Gew. der Mischung und den bekannten spec. Gewichten der einzelnen Bestandtheile das quantitative Verhältnifs der letzteren zu finden, haben sich daher seit den ältesten Zeiten viele Gelehrte beschäftigt. GLAUBER[1] gofs in einerlei Kugelform 2 Kugeln von Kupfer und 2 von Zinn, schmolz nachher alle 4 zusammen, und erhielt nicht völlig 3 Kugeln in der nämlichen Form, ein zu roher Versuch, als dafs er wissenschaftlichen Werth haben könnte. KRAFT, GELLERT und ZEIHER stellten 1736 und 37 eine Reihe von Versuchen an, um die Zusammenziehung gemischter Metalle aufzufinden[2], EINSPORN[3] handelt von dem Einflusse dieser Zusammenziehungen auf das Archimedeische Problem, und HAHN[4] bringt noch mehr Erfahrungen von Mischungen anderer Substanzen bei. Am vollständigsten ist KAESTNER[5] in seiner Prüfung der bis dahin bekannten Untersuchungen, und er schlägt zugleich neue Versuche vor, um den Gehalt der Metalle dieser Abweichung ungeachtet durch Abwägung im Wasser zu finden. Unter den Mischungen geben Gold und Silber, Silber und Kupfer, Silber und Zinn, Zinn und Blei die geringste Abweichung, weswegen man auch bei dem vorzüglich grofsen spec. Gew. des Goldes die Aechtheit der Goldmünzen durch Wägen im Wasser leicht auffinden kann, ein Mittel, dessen man sich in älteren Zeiten vorzugsweise bediente.

In polizeilicher Hinsicht ist es sehr wichtig, den Gehalt der zinnernen Geräthe, welcher in den meisten Fällen weit geringer zu seyn pflegt, als er gesetzlich seyn soll, genau auszumitteln. Die bedeutendsten Untersuchungen hierüber sind angestellt durch

1 Furni novi philosophici oder Beschreibung einer neuen Destillirkunst. Amst. 1661. 8. Vergl. BECHER Chymische Concordanz Halle. 1726. 4. S. 109.

2 Comm. Petr. XIII. XIV. ZEIHER Programma mixtionum metallicarum examen hydrostaticum. Viteb. 1764.

3 Untersuchung, wie weit durch Wasserwägen der Metalle Reinigkeit könne bestimmt werden. Erlang. 1745. 8.

4 De efficacia mixtionis in mutandis corporum voluminibus. L. B. 1751. 4.

5 De mixtorum examine hydrostatico. in Nov. Comm. Gott. 1775.

H. T. Scheffer[1], Axel Bergenstierna[2] und Wucherer[3]. Letzterer weiset vorerst durch eine grofse Menge Angaben nach, dafs die Bestimmungen des spec. Gewichtes von Blei sowohl, als auch von Zinn aufserordentlich von einander abweichen, und so lange diese nicht genügend ausgemittelt sind, ist es kaum möglich das Mischungsverhältnifs beider aus dem gefundenen spec. Gew. genau zu bestimmen. Er selbst fand für engl. Blockzinn bei 17° R. aus 6 Versuchen im Mittel 7,279 und für sächsisches Rosenzinn aus 3 Versuchen 7,293; für das sogenannte Harzerblei bei 18,°3 R. Temperatur 11,310 und für Blei aus Bleizucker reducirt 11,322. Die Versuche, nach diesen Bestimmungen berechnet, ergaben, dafs die specifischen Gewichte der Mischungen bis auf unbedeutende Abweichungen mit denjenigen Resultaten übereinstimmten, welche durch die Berechnung nach der oben gegebenen Formel (3) erhalten wurden. Hiernach kann also angenommen werden, dafs die Zusammenziehung der Mischung beider Metalle nur unmerklich ist, und also das Quantitative der Bestandtheile nach den hierüber mitgetheilten Regeln gefunden werden kann. Dieses ist im Ganzen auch das Resultat der neuesten Untersuchungen, welche Kupfer über diesen Gegenstand angestellt hat[4]. Sehr weitläuftige Versuche zur Erforschung des spec. Gewichtes der Mischungen aus Blei und Zinn hat Meissner[5] angestellt, solche künstlich bereitete im Wasser gewogen, und die erhaltenen Werthe für die Zusammensetzungen von 1 pC. Zinn bis 100 pC. in einer Tabelle zusammengestellt. Ich habe die dort mitgetheilten Bestimmungen mit denjenigen verglichen, welche durch die Formel erhalten werden, und dabei gefunden, dafs sich aus den Unterschieden kein bestimmtes Gesetz folgern läfst, dafs diese vielmehr als Fehler der Versuche anzusehen sind. Es scheint mir daher überflüssig, diese Tabelle ganz oder zum Theil aufzunehmen, da man das Gesuchte jederzeit leicht nach der Formel finden kann, wobei es nur hauptsächlich auf eine richtige Bestimmung des spec. Ge-

1 Schwed. Abh. 1755. S. 134.

2 Ebend. 1780. S. 144.

3 Ueber die specifisch. Gewichte des Zinnbleies u. s. w. Freiburg 1817.

4 Kastner Arch. VIII. 331.

5 Die Araeometrie in ihrer Anwendung auf Chemie und Technik. Wien 1816. fol. S. 59.

wichtes der beiden Bestandtheile ankommt [1]. Meissner bemerkt zugleich übereinstimmend mit dem, was oben gesagt ist, daſs ein Zusatz von einem andern Metalle, z. B. Wismuth, Spiesglanz u. s. w. die Probe sehr unsicher macht. Unter allen den genannten Untersuchungen sind die von Bergenstierna am meisten bekannt geworden, und man findet sie daher häufig erwähnt. Namentlich hat Guyton [2] sie in der Art reducirt, daſs er das spec. Gew. der Mischungen aus Zinn und Blei auf destillirtes Wasser zurückführt und in einer vollständigen Tabelle zur Auffindung des quantitativen Verhältnisses beider Metalle für einzelne Procente zusammenstellt.

Auch die Verbindungen von Kupfer und Zinn in verschiedenen quantitativen Verhältnissen kommen häufig vor, jedoch sind die spec. Gewichte derselben noch nicht so vollständig und genau mit denjenigen verglichen, welche aus dem Mischungsverhältnisse der Bestandtheile folgen, als dieses beim Zinnblei geschehen ist. Darf man indeſs die wenigen hierüber vorhandenen Bestimmungen als genau betrachten, so folgt aus ihnen, daſs beide Metalle dabei eine bedeutende Zusammenziehung erleiden oder wechselseitig zwischen ihre Poren eindringen, weil sonst das spec. Gewicht nicht gröſser seyn könnte als das des schwersten. Es wird nämlich das spec. Gewicht des Kupfers = 8,788, des inns = 7,291 angegeben, von 6,25 Th. Kupfer und 1 Th. Zinn aber = 8,87; von 3 Th. Kupfer und 1 Th. Zinn = 8,879; von 1 Th. Kupfer und 1 Th. Zinn = 8,468, welches nach Rechnung vielmehr einem Verhältnisse beider Metalle = 1177 : 320 zugehörte [3]; von 1 Th. Kupfer auf 3 Th. Zinn = 7,843, wofür die Formel 552 : 955 giebt; endlich von

1 Es wird genügen, die Verfahrungsart nur an einem Beispiele zu zeigen. Gesetzt das spec. Gew. des Bleies sey = 11,32 des Zinnes = 7,28, des zu prüfenden Geschirres = 10,2 gefunden, so würde das Mischungsverhältniſs beider Metalle nach der Formel No. 2

$$= \frac{10,2 - 7,28}{11,32 - 10,2} = \frac{2,92}{1,12} = \frac{73}{28}$$

seyn, und es wären also 73 Th. Blei gegen 28 Th. Zinn in der Mischung vereint. Nach Kupfer a. a. O. findet indeſs allezeit Ausdehnung statt, wonach also der Zinngehalt eher zu groſs als zu klein gefunden würde.

2 Ann. de Chim. XXI. 23.

3 Die Angabe des spec. Gew. der Mischung ist nach Chaudet. Nimmt man statt dieser die von Briche = 8,79, so kommt diese dem

1 Th. Kupfer und 10 Th. Zinn = 7,472, statt dessen man nach Rechnung = 181 : 1316 oder 1,37 : 10 erhält[1].

Nicht minder wichtig ist die Aufgabe, aus dem specifischen Gewichte der Flüssigkeiten das quantitative Verhältnifs der Bestandtheile zu erforschen. Es versteht sich von selbst, dafs dieselbe allgemein seyn und sich auf alle Mischungen der verschiedenartigsten Flüssigkeiten, welche durch die Verbindung nicht wesentlich chemisch verändert oder zersetzt werden, desgleichen auf die verschiedenartigsten Salzauflösungen beziehen mufs. In dieser Ausführlichkeit vollständig behandelt würde aber der Gegenstand ein eigenes Werk erfordern, und es können daher hier nur die Hauptsachen kurz angegeben werden.

1. Mischungen von *absolutem Alkohol* und *Wasser* sind nicht blofs für den Chemiker und Pharmaceuten, sondern selbst für den Techniker und Oekonomen, und hauptsächlich auch in Beziehung auf den Handel von grofser Wichtigkeit. Rücksichtlich des letzteren soll namentlich nicht das in den Mischungen beider Substanzen enthaltene Wasser, sondern nur der reine Spiritus versteuert werden, weswegen ein Mittel zur genauen Bestimmung des Quantitativen beider Bestandtheile in diesen Mischungen von grofser Wichtigkeit ist, wenn der Staat weder betrügen noch betrogen werden will. Dieser Umstand veranlafste die weitläuftigen Versuche, welche Blagden und Gilpin in Folge einer Aufforderung der Regierung anstellten, um den Gehalt an reinem Alkohol bei verschiedenen Temperaturen aufzufinden[2]. Die aufserordentlich umfangende Arbeit dieser Gelehrten beträgt im Ganzen 102 Tabellen, und die dabei zum Grunde liegenden Versuche sind mit vorzüglicher Genauigkeit angestellt, allein da der hierbei gebrauchte Alkohol bei 60° F. (15,°5 C.) ein spec. Gew. = 0,825 hatte, so war er nicht rein, und die ganze mühvolle Arbeit wird also hierdurch unbrauchbar.

Die gröfste und sicher nicht leicht zu übertreffende Arbeit über diesen nämlichen Gegenstand sowohl rücksichtlich der Reinheit der gebrauchten Substanzen als auch der Feinheit der Ap-

Eigengewichte des Kupfers bis auf einen verschwindenden Unterschied gleich, und man müfste also annehmen, dafs das Zinn sich genau bis zur Dichtigkeit des Kupfers zusammenzöge.

1 L. Gmelin Handb. d. theor. Chem. I. 1277.

2 Phil. Trans. 1794. I. 275. Vergl. Ramsten in Ann. de Chim. XIII. 243. u. m. a.

parate, der Genauigkeit der Versuche und Schärfe der Rechnung hat Tralles[1] gleichfalls auf Veranlassung der Regierung zum Behufe richtiger Versteuerung geliefert. Den hierzu verwandten Alkohol erhielt er durch Rose, und derselbe kann füglich als absoluter angesehen werden, da er bei 60° F. ein spec. Gewicht = 0,7939 gegen Wasser als Einheit bei der nämlichen Temperatur zeigte, die Wägungen wurden vermittelst der im Art. *Aräometer*[2] beschriebenen Senkwaage angestellt und genau nach den Temperaturen corrigirt, als Maſs diente ihm aber ein Glas mit eingeriebenem Stöpsel, welches zwar dem Homberg'schen Gläschen nachsteht, aber in so geschickten Händen ohne Widerrede hinlänglich genaue Resultate giebt. Letztere sind von ihm in einer Menge von Tabellen hauptsächlich für die bei den verschiedensten Arten der Messungen in Betracht kommenden Temperaturverschiedenheiten zusammengestellt, indeſs wird es hier genügen, nur die hauptsächlichste aufzunehmen, nämlich diejenige, welche den Gehalt an absolutem Alkohol bei der Normaltemperatur der Versuche, nämlich 60° F. = 12,°45 R. = 15,°56 C. darstellt; denn da man diese Temperatur zu allen Jahreszeiten leicht erhalten kann, so läſst sich aus ihr leicht der Gehalt an absolutem Alkohol in einer gegebenen Mischung finden.

pC. Alk.	spec. Gew.	pC. Alk.	spec. Gew.	pC. Alk.	spec. Gew.	pC. Alk.	spec. Gew.
1	9976	17	9781	33	9609	49	9354
2	9961	18	9771	34	9596	50	9335
3	9947	19	9761	35	9583	51	9315
4	9933	20	9751	36	9570	52	9295
5	9919	21	9741	37	9556	53	9275
6	9906	22	9731	38	9541	54	9254
7	9893	23	9720	39	9546	55	9234
8	9881	24	9710	40	9510	56	9213
9	9869	25	9700	41	9494	57	9192
10	9857	26	9689	42	9478	58	9170
11	9845	27	9679	43	9461	59	9148
12	9834	28	9668	44	9444	60	9126
13	9823	29	9657	45	9427	61	9104
14	9812	30	9646	46	9409	62	9082
15	9802	31	9634	47	9391	63	9059
16	9791	32	9622	48	9373	64	9036

1 G. XXXVIII. 350.

2 Th. I. S. 390.

pC. Alk.	spec. Gew.	pC. Alk.	spec. Gew.	pC. Alk.	spec. Gew.	pC. Alk.	spec. Gew.
65	9013	74	8791	83	8547	92	8265
66	8989	75	8765	84	8518	93	8230
67	8955	76	8739	85	8488	94	8194
68	8941	77	8712	86	8458	95	8157
69	8917	78	8685	87	8428	96	8118
70	8892	79	8658	88	8397	97	8077
71	8867	80	8631	89	8365	98	8034
72	8842	81	8603	90	8332	99	7988
73	8817	82	8575	91	8299	100	7939

Die Tabelle giebt die Procente des Alkohols in einer gegebenen Mischung an, indeſs versteht es sich von selbst, daſs hierdurch das Maſs auf gleiche Weise erhalten werde. Würde nämlich das spec. Gew. des Branntweins = 8397 bei der angegebenen Normaltemperatur gefunden, so könnte man hieraus wissen, daſs in 100 Maſsen 88 Maſs absoluter Alkohol enthalten seyen. Ferner begreift die Tabelle nur die ganzen Procente, aus denen die Bruchtheile aber leicht zu finden sind. Zeigte z. B. die Mischung ein spec. Gew. = 9605, das Wasser = 10000 gesetzt, so enthielte er 33 pC. und einen Bruchtheil Alkohol. Letzteren zu bestimmen zieht man die Zahl von der nächst höheren, nämlich 9609 ab und erhält = 4. Der Unterschied dieser Zahl und der nächstfolgenden = 9596 ist 13, also enthält der Branntwein $33\frac{4}{13}$ pC. Alkohol. Erlitten die Bestandtheile bei der Mischung keine Zusammenziehung, so würden nach Abzug dieser $33\frac{4}{13}$ Maſs Alkohol $66\frac{9}{13}$ Maſs Wasser bleiben. Es ist indeſs augenfällig, daſs die Volumina gröſser werden würden, wenn man beide Bestandtheile wieder trennen und einzeln messen könnte, und es bleiben daher nur die Maſse des Alkohols richtig, weil die Bestimmungen des spec. Gew. durch Wägungen gleich groſser Massen von bestimmtem Alkoholgehalte gefunden sind.

Auch ohne höhere Aufforderung ist diese wichtige Aufgabe von verschiedenen Gelehrten mit vielem Fleiſse untersucht. Lowitz [1] war der erste, welcher zeigte, daſs Blagden und Gilpin bei ihrer weitläuftigen Arbeit sich keines absoluten Alkohols bedient hatten, indem der von ihm dargestellte, nach allen damit angestellten Proben völlig wasserfreie, bei 16° R. nur 791

1 V. Crell's chem. Ann. 1796. I. 195.

spec. Gew. hatte. Den hiernach reinen Alkohol mischte Lowitz mit Wasser, und stellte nach den gefundenen spec. Gewichten eine Tabelle für den Alkoholgehalt solcher Mischungen auf, welche gewifs sehr genau ist, allein die mitgetheilte von Tralles macht es überflüssig, auch diese aufzunehmen, indem jene auf allen Fall gröfseres Vertrauen verdient. Hiervon liegt der Grund vorzüglich in dem Umstande, dafs Lowitz sowohl als auch Richter,[1] welcher den nämlichen Gegenstand mit grofser Sorgfalt und Mühe bearbeitete, von dem irrigen Grundsatze ausgingen, die Zusammenziehung beider Flüssigkeiten bei ihrer Vereinigung bilde eine gleichmäfsig fortschreitende Progression. Hierdurch aber waren sie nicht nur bei ihren Versuchen befangen, sondern änderten die Resultate derselben hiernach ab. Blofs der Erfahrung folgte dagegen Meissner,[2] stellte den Alkohol von gleicher Reinheit her als jene, und bestimmte das spec. Gew. der Mischungen desselben in den verschiedenen quantitativen Verhältnissen. Die hierbei erhaltenen Werthe stimmen sehr genau mit den von Tralles gefundenen überein, wenn man berücksichtigt, dafs letzterer 60° F. ersterer aber 68° F. als Normaltemperatur annahm. Eine Aufnahme der von Meissner mitgetheilten Tabelle scheint mir indefs überflüssig, obgleich sie neuer ist, als die von Tralles, allein sie hat durch G. G. Schmidt[3] einen schätzbaren Zusatz erhalten, welcher wegen seiner Einfachheit in vielen Fällen mit grofsem Nutzen gebraucht werden kann. Es haben nämlich sowohl Gilpin als auch Tralles den Einflufs der Temperatur bei der Bestimmung des spec. Gew. der Mischungen von Alkohol und Wasser, welcher nothwendig berücksichtigt werden mufs, wenn man aus diesem auf das quantitative Verhältnifs beider Bestandtheile schliefsen will, in weitläuftigen Tabellen dargestellt. Schmidt dagegen stellt den Satz auf, dafs die Gröfse der Ausdehnung jener Mischung der Summe der Ausdehnungen beider Bestandtheile proportional sey, und die Richtigkeit dieser Behauptung findet eine auffallende Bestätigung in einer Vergleichung der hiernach berechneten Werthe mit den durch Gilpin aus Erfahrung gefundenen, deren Zuverlässigkeit nicht wohl zu bezweifeln ist. Hei-

1 Ueber d. neueren Gegenstände der Chemie St. 8. S. 67.

2 Araeometrie u. s. w. S. 81.

3 Hand- und Lehrbuch d. Naturlehre. S. 166.

ſsen demnach die Ausdehnungen der beiden Bestandtheile a und b ihre Massen m und n, und ist ihre Dichtigkeit = d, so ist die Vermehrung dieser letzteren $= \left(\frac{am + bn}{m + n}\right) d$. Schmidt fand aber für die Temperaturen zwischen 15° und 30° R. die Ausdehnung des Wassers für 1° R. = 0,000443 des Weingeistes = 0,00148 und berechnete hiernach die in der Tabelle mit aufgenommenen Werthe.

pC. Alk.	spec. Gew.	Aenderung d. spec. Gew. für 1° R.	für 1° C.
100	0,791	0,00117	0,000936
95	0,801	0,00113	0,000908
90	0,818	0,00110	0,000880
85	0,813	0,00108	0,000869
80	0,843	0,00107	0,000856
75	0,856	0,00105	0,000835
70	0,868	0,00102	0,000816
65	0,880	0,00098	0,000788
60	0,892	0,00095	0,000760
55	0,904	0,00091	0,000734
50	0,915	0,00088	0,000704
45	0,926	0,00084	0,000672
40	0,937	0,00080	0,000640
35	0,947	0,00076	0,000608
30	0,955	0,00072	0,000576
25	0,963	0,00067	0,000540
20	0,970	0,00063	0,000504
15	0,977	0,00058	0,000465
10	0,984	0,00053	0,000424
5	0,992	0,00048	0,000389
0	1,000	0,00044	0,000354

Obgleich nach diesen vorausgegangenen vielſachen und sehr schätzbaren Arbeiten auf diesem Felde der Forschungen keine Ausbeute mehr zu erwarten schien, so hat dennoch ganz kürzlich Delezenne[1] sehr mühsame und umfangende Versuche angestellt, um das spec. Gew. der Mischungen von Wasser und Alkohol bei verschiedenen Temperaturen zu finden. Die er-

1 Recueil des Trav. de la Soc. des Sc. de l'Agric. et des Arts de Lille. 1823 und 24. p. 1. Eine ältere, minder wichtige Bearbeitung dieses Gegenstandes, nämlich Table exacte de la Pesanteur spec. de Mélanges d'alcool et d'eau cet. par M. de Gouvenain. Dijon 1825 mag nur historisch erwähnt werden.

haltenen Resultate erscheinen nach der Prüfung des angewandten sehr sorgfältigen Verfahrens und nach der Vergleichung mit andern entschiedenen Thatsachen vorzüglich genau, und sind in der Hinsicht insbesondere schätzbar, weil sie von 0° C. ausgehen und bis 54° C. durch leichte Interpolation anwendbar sind. Delezenne bediente sich eines absoluten Alkohols, welcher durch viermaliges Abziehen über salzsauren Kalk im Marienbade erhalten war, und bei 50° C. gegen Wasser bei derselben Temperatur ein spec. Gew. = 0,81190 hatte.

	Dichtigkeiten			
pC. d. Alk.	bei 0°	bei 18°	bei 36°	bei 54°
0	1,00000	0,99855	0,99351	0,98721
5	0,99130	0,98983	0,98520	0,97736
10	0,98504	0,98261	0,97684	0,96805
15	0,98007	0,97587	0,96853	0,96050
20	0,97596	0,96974	0,96084	0,95054
25	0,97145	0,96312	0,95254	0,94097
30	0,96579	0,95588	0,94395	0,93166
35	0,95886	0,94682	0,93453	0,92133
40	0,95006	0,93781	0,92402	0,91058
45	0,93994	0,92733	0,91303	0,89963
50	0,93047	0,91682	0,90259	0,88801
55	0,92039	0,90605	0,89044	0,87594
60	0,90909	0,89474	0,87962	0,86382
65	0,89791	0,83388	0,86763	0,85194
70	0,88649	0,87180	0,85582	0,84047
75	0,87496	0,85974	0,84386	0,82884
80	0,86325	0,84834	0,83191	0,81693
85	0,85111	0,83561	0,81975	0,80414
90	0,83840	0,82310	0,80722	0,79099
95	0,82522	0,80974	0,79385	0,77790
100	0,81190	0,79539	0,78013	0,76436

2. Verschiedene Säuren, namentlich die Schwefelsäure, Salpetersäure u. a. lassen durch ihr spec. Gew. auf das Quantitative ihres Mischungsverhältnisses schliefsen, und nicht minder ist dieses der Fall bei einigen durch Verbindung eines Gases mit Wasser gebildeten Flüssigkeiten, wie die Salzsäure, Hydrothionsäure, das liquide Ammoniak u. a. sind. Auch die Aetherarten, das Petroleum und viele andere Flüssigkeiten werden durch Auffindung ihres spec. Gewichtes auf ihre Reinheit geprüft. Die Chemiker, für welche diese Untersuchung von grofser Wichtigkeit ist, haben daher genauere Bestimmungen hierüber durch ei-

nen grofsen Aufwand von Zeit und Mühe zu erhalten gesucht. Weil aber dieser Gegenstand dem Wesen nach ausschliefslich in das Gebiet der Chemie gehört,[1] so beschränke ich mich hier blofs auf die Mittheilung der durch Ure [2] aufgestellten Tabelle der Dichtigkeiten, welche die drei gangbarsten Mineralsäuren nach ihrem verschiedenen Gehalte an wirklicher Säure zeigen, indem bei diesen, umgekehrt als beim Alkohol, das spec. Gewicht abnimmt, je mehr sie mit Wasser verdünnt werden.

pC. nach Mafsen	Sp. Gew. Schwefels.	Sp. Gew. Salpets.	Sp. Gew. Salzs.
100	1,8485	1,5000	1,1920
90	1,8815	1,4730	1,1735
80	1,7120	1,4385	1,1550
70	1,5975	1,3945	1,1351
60	1,4860	1,3427	1,1155
50	1,3884	1,2887	1,0960
40	1,2999	1,2277	1,0765
30	1,2184	1,1645	1,0517
20	1,1410	1,0764	1,0380
10	1,0682	1,0485	1,0190

3. Von grofser Wichtigkeit ist die Bestimmung des Gehaltes der Salzlösungen im Wasser durch das specifische Gewicht derselben. Eigentlich ist die Aufgabe ganz allgemein, und fordert, dafs aus dem spec. Gew. aller möglichen Lösungen der verschiedenartigsten Salze und sonstiger im Wasser lösbaren Substanzen der Gehalt derselben aufgefunden werde. Die Aufgabe ist hauptsächlich in technologischer Hinsicht z. B. für Kochsalz-, Soda-, Pottasch-, Salpeter-, Alaun-, Vitriol-, Bleizucker-, Grünspan-Siedereien u. s. w. von grofser Bedeutung, kann aber in dieser Allgemeinheit nicht in den Bereich dieses Werkes gezogen werden, und mufs den speciellen Anweisungen zur Bereitung dieser Substanzen überlassen bleiben. Die wichtigste unter den angegebenen Substanzen ist ohne Widerrede die Kochsalzsole, weswegen auch diese am meisten untersucht ist, wovon hier eine kurze Uebersicht Platz finden möge.

Die ältesten mir bekannten Tabellen über den Gehalt der

1 Man findet das dazu Gehörige nebst einer Nachweisung der Quellen ausführlich in den gröfseren Handbüchern der Chemie z. B. von Thomson, Berzelius, Gmelin, Meissner, Scholz u. a.

2 S. Schmidt Hand- und Lehrbuch a. a. O.

Salzsolen hat Lambert [1] als Resultat seiner hydrostatischen Wägungen in großer Vollständigkeit aufgestellt. An diese hat man sich meistens gehalten, wenn es darauf ankam, den Salzgehalt in Solen zu bestimmen, bis sie durch eine eben so gründliche als ausführliche Bearbeitung dieser Aufgabe von Joh. And. Bischof [2] übertroffen wurden. Es wird hierin zuerst in Gemäßheit genauer Wägungen gezeigt, wie aus dem spec. Gew. irgend einer Salzsole, welches zwischen dem geringsten des reinen Wassers und dem größten einer vollständig gesättigten liegt, der Salzgehalt durch Rechnung nach einer allgemeinen Formel gefunden werden könne. In der wirklichen Anwendung muß man aber berücksichtigen, daß die aus der Erde erhaltenen Solen keineswegs so, wie die künstlich bereiteten, aus einer Auflösung des reinen Kochsalzes in reinem Wasser bestehen, sondern auf mannigfaltige Weise verunreinigt seyn können. Dabei versteht es sich dann von selbst, daß man zu solchen Versuchen nur die bereits durch längeres ruhiges Stehen von erdigen und sonstigen mechanisch fortgerissenen Theilen befreieten Solen wählen wird, allein so hell und rein dieselbe auch seyn mag, so ist sie doch nie ganz frei von andern aufgelöseten Salzen, als salzsaurem Kalk, salz. Magnesia u. s. w. Der eigentliche Gehalt der Solen kann daher nur durch eine chemische Analyse gefunden werden; weil aber die fremdartigen Bestandtheile allezeit oder mindestens größtentheils nur in sehr geringer Menge beigemischt sind, so giebt doch das spec. Gew. den Salzgehalt der Solen nahe genau, und völlig genau, wenn das quantitative Verhältniß der beigemischten heterogenen Salze bei der aus der nämlichen Quelle erhaltenen Sole ein für allemal bestimmt ist. Bischof giebt ferner Anleitung, auf welche Weise das bei verschiedenen Temperaturen gefundene spec. Gew. der Solen auf die bestimmte Normaltemperatur reducirt, und somit der Gehalt derselben gefunden werden könne, außerdem aber hat er für diesen Zweck sehr ausführliche Tabellen beigefügt, bei denen die auf ihre Berechnung verwandte Mühe und Geduld wahrhaft Bewunderung verdient. Weil es aber selbst für den praktischen Gebrauch ungleich leichter ist, die Normaltemperatur von 15° R. herzustel-

1 Hist. de l'Acad. de Prusse. 1762. T. XVIII. p. 27. Eine kleine sehr unvollkommene Tabelle findet sich in Schwed. Abh. V. 197.

2 G. XXXV. 311. ff. Ll. 397.

len, und dabei die zur Prüfung erforderliche Wägung vorzunehmen, als die bei einer andern Temperatur angestellte nach der Formel zu corrigiren, oder sich in den weitläuftigen Tabellen zu orientiren, so theile ich hier bloſs einen Auszug aus den für 15° R. entworfenen Tabellen für die Löthigkeit oder den wirklichen Salzgehalt der Solen mit [1], welche Bestimmungen durch eine leichte Interpolation für alle möglichen Fälle genügen. Hierin bezeichnet sp. Gew. das specifische Gewicht der Solen, und pC. die Procente des Salzes, oder die Gewichttheile des Salzes, welches aus hundert Gewichttheilen der Sole erhalten wird, unter der Voraussetzung, daſs sie bloſs reines Kochsalz und ohne Beimischung sonstiger Salze enthalte.

Sp. Gew.	pC.	Sp. Gew.	pC.	Sp. Gew.	pC.
1,0025	0,355	1,0725	10,016	1,1425	19,195
1,0050	0,709	1,0750	10,351	1,1450	19,516
1,0075	1,063	1,0775	10,686	1,1475	19,836
1,0100	1,416	1,0800	11,021	1,1500	20,154
1,0125	1,768	1,0825	11,354	1,1525	20,472
1,0150	2,111	1,0850	11,687	1,1550	20,790
1,0175	2,470	1,0875	12,019	1.1575	21,108
1,0200	2,820	1,0900	12,352	1,1600	21,426
1,0225	3,170	1,0925	12,684	1,1625	21,742
1,0250	3,518	1,0950	12,973	1,1650	22,058
1,0275	3.866	1,0975	13,345	1,1675	22,374
1,0300	4,214	1,1000	13,674	1,1700	22,689
1,0325	4,560	1,1025	14,004	1,1725	23,004
1,0350	4,906	1,1050	14,333	1,1750	23,318
1,0375	5,207	1,1075	14,661	1,1775	23,632
1,0400	5,596	1,1100	14,988	1,1800	23,945
1,9425	5,940	1,1125	15,315	1,1825	24,258
1,0450	6,283	1,1150	15,641	1,1850	24,570
1,0475	6,626	1,1175	15,968	1,1875	24,882
1,0500	6,968	1,1200	16,292	1,1900	25,194
1,0525	7,309	1,1225	16,617	1,1925	25,505
1,0550	7,607	1,1250	16,941	1,1950	25,816
1,0575	7,989	1,1275	17,265	1,1975	26,125
1,0600	8,329	1,1300	17,588	1,2000	26,436
1,0625	8,667	1,1325	17,911	1,2025	26,745
1,0650	9,005	1,1350	18,233	1,2050	27,053
1,0675	9,343	1,1375	18,555	1,2075	27,362
1,0700	9,680	1,1400	18,875	1,2078	27,401

1 Dieselben Tabellen nebst gehaltreichen Bemerkungen und Formeln, den Salzgehalt der Solen, ihre Gradirung und ihr Versieden be-

Da diese mitgetheilte Tabelle für den Zweck dieses Werkes genügt, so beschränke ich mich auf eine bloſse historische Angabe der sonstigen vorzüglicheren Bemühungen, den Salzgehalt der Solen aus deren spec. Gew. zu bestimmen. Dahin gehört hauptsächlich eine Abhandlung von Schlönbach [1], welcher aus dem Gew. des trockenen Salzes und des zu seiner Auflösung erforderlichen Wassers nebst der mit der Vereinigung beider verbundenen Zusammenziehung des letzteren eine Formel zur Berechnung des quantitativen Verhältnisses beider vereinter Substanzen ableitet. Es läſst sich dabei nicht annehmen, daſs das aufgelösete Salz bloſs in die Zwischenräume des Wassers dringt, in welchem Falle das Volumen des letzteren nicht vermehrt werden würde, noch auch daſs die Wassertheilchen um so viel von einander getrennt werden, als das Volumen des aufgelösten Salzes beträgt, weil sonst das spec. Gewicht der Mischung genau dem arithmetischen Mittel beider vereinter Substanzen gleich seyn müſste, vielmehr zieht sich das Wasser durch die Verbindung mit dem Salze um einen der Quantität des letzteren proportionalen Theil zusammen, wie schon oben erwähnt ist [2]. Daſs nach den Beobachtungen von Thillaye [3] die Mischungen aus Alkohol und Wasser eine Zusammenziehung erleiden, so lange die Menge des ersteren gröſser ist, als die des letzteren, weiter über diesen Punct hinaus aber sogar eine Vermehrung, beweiset nicht sowohl, daſs die letztere eine absolute sey, als vielmehr eine relative in Beziehung auf die ungleich stärkere Volumensverminderung bei der Vereinigung von wenigem Wasser mit vielem Alkohol, ist aber rücksichtlich der dennoch frei werdenden Wärme von groſser Wichtigkeit.

Auf welche Weise das specifische Gewicht bei gemischten Substanzen zu erhalten sey, dieses näher anzugeben, ist nicht erforderlich, indem es sich von selbst versteht, daſs dasselbe ganz auf die oben ausführlich beschriebene Art mit gröſserer oder geringerer Genauigkeit gefunden werden könne. In der Regel aber scheuen diejenigen, welche zum Behufe der Steuererhebung oder

treffend, von demselben Verf. finden sich in Archiv für Bergbau und Hüttenwesen. Von C. J. B. Karsten. XI. 211.

1 In G. XI. 175.

2 S. *Flüssigkeit* S. 480.

3 Journ. des Mines XXIX. daraus in G. XLVI. 194.

bei technischen und Fabrikanstalten das spec. Gew. der gemischten Flüssigkeiten zu bestimmen wünschen, die zur völligen Genauigkeit unentbehrlichen weitläuftigen Rechnungen, und sind auch oft durch äufsere Verhältnisse genöthigt, die Bestimmungen der spec. Gew. in kurzer Zeit mit dem für ihren Zweck hinreichenden Grade der Schärfe zu suchen. Hierfür sind die Aräometer mit festen Scalen [1] am geeignetsten, und namentlich hat Tralles Tabellen berechnet, nach denen die Scalen dieser Instrumente so verfertigt werden können, dafs sie die Procente des Alkohols im Branntwein, durch die Tiefe, bis zu welcher sie einsinken, unmittelbar angeben [2]. Für *Salzspindeln* hat Egen [3] gezeigt, dafs sie zur Bestimmung des Solengehalts am besten den Bierwaagen ähnlich verfertigt, und durch kleine, auf ihren Hals gesteckte und bis an einen kleinen Absatz herabsinkende Gewichttheilchen zum Einsinken in die Flüssigkeit bis an einen gewissen Punct gebracht werden. Die aufgelegten Gewichttheilchen bezeichnen das spec. Gew. und geben aus diesem den Salzgehalt unmittelbar. Für die gemeinen technischen und ökonomischen Zwecke, wofür das spec. Gew. der Flüssigkeiten oft durch wissenschaftlich ganz ungebildete Arbeiter bestimmt werden mufs, ist es in vielen Fällen zum Behufe der blofsen Praxis am vortheilhaftesten, solche Aräometer blofs für den normalen Stand, welchen sie in den individuellen Flüssigkeiten haben müssen, genau einzurichten, für die Temperatur diejenige zu wählen, welche in tiefen Kellern das ganze Jahr ziemlich gleichmäfsig ist, oder eine im Winter und im Sommer ziemlich gleichmäfsige Stubenwärme, und auf diese Weise das Verfahren ganz empirisch einzurichten. Hierfür kann man sich füglich auch eines Normalgefäfses bedienen, welches mit der gegebenen Flüssigkeit gefüllt ein zum Voraus ein für allemal bestimmtes Gewicht haben mufs. Solche, für die blofse Praxis berechnete, Vorschläge können namentlich bei Salz-, Alaun-, Vitriol-Siedereien u. s. w. desgleichen bei Branntweinbrennereien in Anwendung kommen.

Unter die gemischten Flüssigkeiten, deren spec. Gew. oft selbst durch die Polizeibehörden controlirt wird, gehört nament-

1 S. Th. I. S. 351.

2 Sie ist oben Th. I. S. 374 mitgetheilt.

3 Karsten Archiv. XIII. 297.

lich auch das Bier, der Most und der Wein. Genau genommen ist es unthunlich, die Güte dieser Flüssigkeiten durch das spec. Gew. zu bestimmen, weil sie ihre Güte mehreren Substanzen verdanken, welche in dieser Hinsicht entgegengesetzt wirken. So wird namentlich das Bier leichter durch seinen Antheil an Spiritus, aber schwerer durch den enthaltenen Schleimzucker, die Kohlensäure u. s. w.; abgesehen davon, daſs allgemein genommen das Mischungsverhältniſs solcher Flüssigkeiten, welche aus drei und mehr Bestandtheilen zusammengesetzt sind, durch das Aräometer nicht bestimmt werden kann. Aräometrische Proben sind daher für diese Fälle nur in so weit zulässig, als durch Erfahrung bestimmte Apparate bei nicht wesentlich abgeänderten Bereitungsarten der nämlichen Flüssigkeiten einen gewissen unveränderten Zustand anzeigen, wie z. B. bei den bekannten Danziger Bierwagen u. s. w.

E. Specifisches Gewicht des Menschen.

Musschenbroek [1] giebt an, der menschliche Körper sey specifisch schwerer als das Wasser. Versuche, worauf sich diese Behauptung gründe, werden nicht angegeben, auch sieht man deutlich, daſs der Satz bloſs auf der allgemeinen Erfahrung beruhet, wonach die Menschen im Wasser untergehen und ertrinken, wenn sie sich nicht durch das künstliche mechanische Schwimmen an die Oberfläche desselben erheben. Auf gleiche Weise aus ganz bekannten Erfahrungen entnommen ist dann auch der weitere Zusatz, daſs später der Leichnam, wenn er in Fäulniſs übergehe, und die Theile desselben durch entwickeltes Gas aufgetrieben würden, specifisch leichter als das Wasser werde. Mit dieser so natürlichen Annahme hat man sich seit jener Zeit im Allgemeinen begnügt [2], wenigstens sind mir keine Einwendungen dagegen bekannt, bis John Robertson [3] das Volumen des Menschen gegen das des Wassers bei gleichem Gewichte zu bestimmen suchte. Er lieſs sich zu diesem Ende eine groſse Cisterne machen, bestimmte den Inhalt des darin ent-

1 Introd. II. 521. §. 1379.

2 Haller Elem. Phys. I. 8. Brisson in Dict. rais. de Phys. art. Nager.

3 Phil. Trans. L. 30. Bibl. Brit. II. 235.

haltenen Wassers aus der Höhe, bis zu welcher es anstieg, nahm dann zehn Männer verschieden an Gröfse und Körperbau, bestimmte ihr absolutes Gewicht, liefs sie in der Cisterne ganz untertauchen, bemerkte die Höhe, bis zu welcher der Wasserstand in der Cisterne vermehrt wurde, berechnete hiernach die aus der Stelle getriebene Quantität Wasser, und das Gewicht dieses letzteren verglichen mit dem der Menschen wurde bei 9 Individuen unter den 10 gröfser gefunden, wenn Flufswasser genommen war, bei allen aber bedeutend, wenn die Versuche mit Seewasser angestellt wurden. Im Mittel aus allen Versuchen ergab sich das spec. Gew. des Menschen = 0,8937 oder ohngefähr $\frac{1}{9}$ leichter als gemeines Wasser[1], woraus Robertson also schliefst, dafs die Menschen, wenn sie Gegenwart des Geistes behielten, nicht untergehen könnten.

Man begreift auf den ersten Blick kaum, wie Robertson sich mit einem solchen, den gemeinsten Erfahrungen widersprechenden Resultate begnügen konnte, indem bei einem so sehr geringen spec. Gew. ein Mensch eben so wenig als die leichteren Holzarten im Stande seyn könnte, im Wasser unterzusinken, und als Leiche auf allen Fall sogleich wieder empor kommen müfste. Dennoch stimmt noch ein anderer durch seine genaue Kenntnifs und grofse Fertigkeit in der Schwimmkunst hinlänglich berühmter Schriftsteller in dieser Behauptung mit Robertson überein, nämlich Oronzio de Bernardi[2], welcher den damalsnach Musschenbroek allgemein angenommenen Satz von einem gröfseren spec. Gew. des Menschen als dem des Wassers geradezu für falsch erklärte. Nach ihm soll ein in gerader Richtung ins Wasser herabgelassener Mensch ein so geringes hydrostatisches Gewicht haben, dafs der ganze Kopf und Hals über das Wasser hervorrage. Diese Behauptung ist also offenbar ganz anders als die durch Borelli aufgestellte[3], wonach allerdings der Mensch gleichfalls spec. leichter als Wasser seyn soll, jedoch so, dafs namentlich der Kopf wegen des verhältnifsmäfsig so grofsen Gehirns unter das Wasser gezogen wird, wodurch sich die Höhlungen der Respirationswerkzeuge mit Wasser fül-

1 Das geringste Gewicht war 0,799 das stärkste 1,001.

2 L'uomo galleggiante u. s. w. Napoli 1794. II vol. 4. Deutsch übers. von Kries. Weimar 1797. 8.

3 De motu animalium. Pars. I. prop. CCXVIII. p. 225. ed. 1710.

len und das Untergehen herbeiführen. Gleicher Meinung ist auch ALTIERI[1], wonach das Wasser beim Hinabfallen des Menschen in dasselbe in sein Inneres eindringen soll. BERNARDI beweiset übrigens seine Behauptung von dem geringeren specifischen Gewichte des Menschen gegen das des Wassers nicht bloſs durch Versuche, welche er selbst angestellt hat, sondern auch durch sehr viele andere, welche durch die verschiedensten Personen gemacht wurden, und dehnt sie auch auf die frischen Leichname aus, welche er sehr häufig vor dem Zustande der Fäulniſs auf dem Wasser schwimmend gesehen haben will, so daſs man nicht wohl begreift, wie dieselbe mit den gemeinsten Erfahrungen in Einklang zu bringen ist. Uebrigens behauptet auch KNIGHT SPENCER, daſs jeder Mensch ruhig auf dem Rücken liegend auf dem Meerwasser schwimmen könne, und er selbst belud sich noch obendrein mit 3 ℔ 11 Unz. av. du poids Gewicht, ohne unterzusinken, obgleich sein absolutes Gewicht nur 130 solcher Pfunde betrug, und er daher nicht, wie der bekannte neapolitanische Mönch PAOLO MOCCIA, sehr corpulent seyn konnte[2].

Die scheinbaren Widersprüche zwischen den verschiedenen Resultaten der Beobachtungen und Versuche lassen sich ohne groſse Schwierigkeiten beseitigen. Auf der einen Seite nämlich ist es wohl im Allgemeinen unwidersprechlich gewiſs, daſs Menschen von mittlerer Constitution, wenn sie ruhig und ohne durch Herabfallen einen Stoſs gegen das Wasser, auszuüben in dasselbe herabsteigen, mit einem specifischen Uebergewichte untersinken; auf der andern Seite aber ist es eine gleichfalls sehr allgemein bekannte Erfahrung, daſs geübte Schwimmer sich oft geraume Zeit auf dem Rücken im Wasser liegend ausruhen, woraus unverkennbar ein geringeres spec. Gew. als das des Fluſswassers ist, hervorgeht. An diese Erfahrungen und an die Bestimmungen des spec. Gewichtes der einzelnen Bestandtheile, woraus der menschliche Körper besteht, muſs man sich übrigens allein halten, wenn über das spec. Gewicht des Menschen im Ganzen entschieden werden soll, indem eine genaue Messung des letzteren durch die gewöhnlichen Abwägungen nicht füglich veranstaltet werden kann. Im Allgemeinen aber sind die Kno-

1 Elem. Phys. Tract. de hydraul. phaen. 5.

2 G. XLIV. 104.

chen des menschlichen Körpers bedeutend, das Muskelfleisch ist wenig spec. schwerer als Wasser, das Fett dagegen ist leichter. Aus dem sehr ungleichen quantitativen Verhältnisse dieser Theile gegen einander im menschlichen Körper folgt indefs, dafs nur sehr corpulente Personen mit einem absoluten relativen Gewichte schwimmen, alle übrigen aber untersinken müfsten. Im menschlichen Körper befinden sich aber noch aufserdem eine Menge gröfstentheils mit Luft angefüllter Höhlungen, namentlich in der Brust, und diese sind mehr oder weniger ausgedehnt, wodurch also das spec. Gew. desselben bedeutend verändert wird. Setzt man den Cubik-Inhalt des Menschen im Mittel auf 2 Par. Cub. F., welches bei gleichem spec. Gewichte mit dem Wasser einem absoluten Gewichte von 140 ℔ zugehört, den Cub. F. Wasser zu 70 ℔ angenommen, nimmt man ferner mit Davy [1] an; dafs nach stärkstem Ausathmen noch 35 Cub. Z. Luft in der Lunge enthalten sind, nach mittlerem Einathmen aber 118 und nach stärkstem 240, so geht hieraus eine Vermehrung des Volumens von $\frac{3456}{118-35} = \frac{1}{41,6}$ und $\frac{3456}{240-35} = \frac{1}{16,8}$ hervor. Weil aber beim Eintauchen des Menschen in das Wasser theils durch den Druck des Wassers namentlich gegen die Brust, theils durch die plötzliche Empfindung der Kälte leicht ein starkes Ausathmen erfolgt, das Einathmen unter dem Wasser aber unmöglich wird, so geht hieraus hervor, dafs derselbe ohne Uebung im Schwimmen der Regel nach untersinken wird, wenn man ihn auch im Mittel als gleich spec. schwer mit dem Wasser annehmen wollte, dafs ihn dagegen ein gewöhnliches Einathmen, noch mehr aber ein starkes mit einigem Uebergewichte über dem Wasser erhalten würde. Letzteres ist aufserdem um so leichter möglich, je gröfser die Summe der Theile des Körpers ist, welche in das Wasser eingetaucht werden, ohne die Respiration zu unterbrechen, also beim Liegen auf dem Rücken, worauf dann dieses bedeutende Erleichterungsmittel geübter Schwimmer beruhet. Dafs endlich das spec. Gew. des Menschen im Seewasser im Verhältnifs von 1 : 1,0286 geringer werde, er folglich hierin um so viel leichter schwimme, versteht sich von selbst. *M.*

1 S. Th. I. S. 490 dieses Wörterb.

Gewitter.

Ungewitter, Donnerwetter, *Tempestas fulminans*; Orage accompagné d'éclairs et de tonnèrre; *Tempest.*

Man versteht darunter jenes ergreifende, nicht selten schreckliche Luftereignifs der Entladung der Wolken unter Blitz und Donner in Regen, Hagel und Schnee, und diese Wolken selbst nennt man Gewitterwolken. Sehr vieles auf das Gewitter sich Beziehende wird unter den Artikeln: *Blitz, Blitzableiter, Donner,* u. s. w. *Hagel, Luftelektricität, Wetterleuchten* vorgetragen. Hier soll die Erscheinung in ihrer Totalität aufgefafst werden, und um die Uebersicht zu erleichtern, und das Zusammengehörige an seinen passenden Ort zu bringen, will ich denselben unter 7 Hauptrubriken abhandeln.

I. Gewitter im Allgemeinen, Entstehung und Verlauf derselben.

Allen Gewittern geht die Bildung von Wolken voran, entweder in der Atmosphäre des Orts selbst, an welchem sie zum Ausbruch kommen, oder in der eines entferntern Ortes, von welchem sie herbeigeführt werden. Anfangs sehr klein vergröfsern sie sich oft sehr schnell, indem sie scheinbar aus sich selbst durch fortschreitenden Niederschlag der Dünste um diesen ersten Keim her wachsen, und auf diese Weise, wenn sie noch entfernt zu seyn scheinen, oft schnell das Zenith erreichen. Oft bilden sich gleichzeitig an mehreren, selbst bis 5 Orten über dem Horizonte solche Wolken, die sich bald vereinigen, bald einzeln wirken. Sie charakterisiren sich theils dadurch, dafs ihre Figur von der in die Länge gedehnten schnell in die abgerundete übergeht, und folglich die Strichwolken sich zu Hauptwolken nach Howard (*Cumulus*) und gethürmten Haufwolken umändern, und dafs sie starke Contraste von Beleuchtung bilden. An einigen Stellen nämlich ist ihre Farbe dunkelgrau, sie sind daselbst undurchsichtig, und gleich daneben zeigen sie wohl glänzende Theile, die ins Gelbe spielen oder helle Lichtreflexe verursachen. Von den eigentlichen *Hagelwolken* unterscheiden sich die gewöhnlichen Gewitterwolken, dafs erstere mehr weifs-

lich, auch mehr in die Länge ausgedehnt, mit dieser verglichen, mehr wie ein Nebelgebilde erscheinen. Sie gehören im Ganzen den niedrigeren Gegenden der Atmosphäre an. LAMBERT berechnete in einem Falle die Höhe derselben auf 5935 Schuhe senkrechter Höhe, in einem andern Falle zu 5000 Fuſs[1], SHUCKBURGH fand durch Messung die gewöhnliche Höhe der Wolken bei Genf zu 5400 Fuſs über der Meeresfläche. In den meisten Fällen ziehen sie, wenn sie erst ausgebildet sind, noch niedriger[2], senken sich besonders tiefer wenn sie einschlagen und erheben sich dann wieder. Doch scheinen sich auch in bedeutend höheren Gegenden Gewitterwolken bilden zu können, wenigstens bemerkte SAUSSÛRE[3] auf der Spitze des Montblanc deutliche Spuren vom Einschlagen des Blitzes daselbst an einer geschmolzenen Stelle des Granits. Nach ALEX. v. HUMBOLDT's Erfahrungen[4] sind zwischen den Wendekreisen Blitz und Hagel in einer Höhe von 2000—2200 Toisen sehr selten. Während der Bildung der Gewitterwolken zeigen sich nicht selten schon einige schwache Blitze, doch hebt das Gewitter auch ohne solche Vorläufer gleich mit einem heftigen Blitze von einem furchtbaren Donner begleitet an. Das Blitzen und Donnern dauert gewöhnlich einige Zeit ohne Regen, welcher aber nachher gewöhnlich nach der Stärke des Gewitters mehr oder weniger reichlich eintritt und mit jeder el. Entladung zunimmt. Nach und nach verzieht sich das Gewitter, d.h. es nimmt eine gleichförmige Gestalt und die gemeine graue Farbe mit geringerem Unterschiede der einzelnen Theile an, das Blitzen, Donnern und der Regen nehmen ab, und hören dann ganz auf, und der heitere Himmel kommt wieder zum Vorschein. Nicht selten schreitet aber auch das Gewitter weiter, und indem neue Gewitterwolken sich mit ihm vereinigen, verbreitet es Schrecken über weite Strecken. Während des Gewitters ist die Ruhe der Atmosphäre häufig gestört. Von den Gewitterwolken weht der Wind nach allen Seiten, Wirbelwinde entstehen nicht selten, durch welche Staub und leichte Theilchen in die Höhe gehoben und

1 Vergl. Reimarus neue Bemerkungen vom Blitze. Hamburg 1794. S. 4.

2 S. auch die dritte Rubrik.

3 Bericht von einer Reise nach dem Montblanc 1787.

4 Schw. N. R. XV. 42.

fortgeführt werden, bisweilen von weit ausgedehnten Fichtenwäldern der Blüthenstaub, welcher dann als sogenannter Schwefelregen selbst in einer Entfernung von 1½ Stunden von solchen Wäldern niederfällt[1]. In ihrem Fortschreiten nehmen die Gewitter nicht die Richtung des vorher herrschenden Windes, vielmehr gehen sie oft gegen den Wind, und dieser schlägt erst dann um, wenn die Gewitterwolke im Entladen begriffen rasch forteilt. Der Wind bezeichnet durch dieses Umschlagen gleichsam die Stelle, wo sich die Gewitterwolken gebildet haben, und dieser Wind reinigt, wenn nicht etwa, wie bei heftigen Gewittern auf mehrere Tage regnerische, kühle, und trübe Witterung zurückbleibt, vollends den Himmel, und die ganze Natur ist dann nach einem solchen Gewitter in dem Grade erquickt, in welchem dieselbe durch die dem Gewitter vorhergegangene schwüle Atmosphäre gleichsam abgespannt war.

Ein groſser Grad von Ruhe in der Atmosphäre scheint unter einem höheren Grad von Wärme zur Entstehung von Gewittern nöthig zu seyn. Daher sehen wir an starkwindigen, übrigens sonst heiſsen, Tagen keine Gewitter entstehen, selbst dann nicht, wenn gewitterartige Stürme über uns wegrauschen. In der Regel geht den Gewittern eine schwüle drückende Hitze bei wolkenlosem Himmel voran; wenn mehrere heitere Tage bei groſser Hitze und ohne merklichen Wind auf diese Art auf einander folgen, so verliert die Luft allmälig ihre Klarheit, sie bekommt dann oft ein Ansehen, wie von einem dünnen Höhenrauch, bisweilen fangen nach einer solchen Folge von mehreren schwülen Sommertagen sich Gewitterwolken zu bilden an, die sich aber, ohne zum Ausbruch zu kommen, wieder zerstreuen; dasselbe kann sich ein paar Tage verstärkt wiederholen, bis endlich ein um so heftigeres Gewitter zum Ausbruch kommt. Gewitter ohne Wind bringen gewöhnlich nur Blitz und Donner ohne merklichen Regen, während die mit starkem Winde verbundenen stets häufigen Regen und oft Hagel mit sich führen.

II. Vertheiluug der Gewitter nach Tages- und Jahreszeiten. Winter-Gewitter.

In unserer gemäſsigten Zone gehören die Gewitter in der Regel dem Sommer an, dessen steigende Wärme sie häufiger und

1 Schübler in Schw. J. XI. 26. Vergl. *Regen*.

häufiger entwickelt. Nach des eifrigen Meteorologen GRONAU Auszügen aus 120jährigen meteorologischen Beobachtungen[1] aus der Gegend von Berlin, war die Zahl der Gewitter in den auf einander folgenden Monaten folgende: Januar 14, Februar 18 März 26, April 132, Mai 293, Junius 453, Julius 496, August 423, September 160, October 22, November 12, December 13.

SCHÖN hat folgende Tabelle über die Zahl und Vertheilung der Gewitter nach Monaten, welche man in 5 auf einander folgenden Jahren unter verschiedenen Breiten von derjenigen von Rom = 41° 53′ 54″ bis zu derjenigen von Petersburg = 59° 50′ 23″ beobachtete, mitgetheilt[2]:

1 Schw. I. 123.

2 Die Witterungskunde. Würzburg. 1808.

Anzahl der Gewitter, die an verschiedenen, nach ihrer Polhöhe angesetzten Orten in denselben Jahren v. 1783 — 1786 beobachtet wurden.

im Jahre	zu Rom						Marseille						Padua						La Rochelle					
	Gewitter im																							
	Mai	Jun.	Jul.	Aug	Spt.	Oct.	Mai	Jun.	Jul.	Aug.	Spt.	Oct.	Mai	Jun.	Jul.	Aug.	Spt.	Oct.	Mai	Jun.	Jul.	Aug.	Spt.	Oct.
1783	8	7	9	9	9	9	0	0	3	4	1	1	10	8	8	9	12	3	3	5	3	2	2	0
1784	2	3	2	0	0	8	0	1	0	2	2	1	7	15	11	12	7	6	3	2	3	0	2	4
1785	0	0	1	0	0	5	0	1	2	0	3	1	5	6	8	14	5	1	0	2	4	5	4	6
1786	3	8	3	8	3	2	3	7	0	2	0	1	5	16	9	18	3	3	0	7	2	1	0	1

im Jahre	zu Genf					Ofen					Tegernsee					Regensburg					Manheim				
	Gewitter im																								
	Mai	Jun.	Jul	Aug	Spt	Mai	Jun.	Jul.	Aug.	Spt.	Mai	Jun.	Jul.	Aug	Spt.	Mai	Jun.	Jul.	Aug.	Spt.	Mai	Jun.	Jul.	Aug.	Spt.
1783	2	5	6	2	2	15	11	11	11	5	1	4	10	6	1	5	3	3	5	0	3	2	5	5	2
1784	6	5	3	8	3	6	5	3	8	2	6	3	8	7	3	1	0	2	5	2	4	6	2	2	0
1785	2	4	5	2	3	4	6	6	1	1	3	2	5	5	4	2	1	5	4	1	1	2	3	7	0
1786	2	5	7	3	0	2	11	7	6	1	0	6	5	7	0	1	9	4	4	0	2	5	1	4	0

Anzahl der Gewitter, die an verschiedenen, nach ihrer Polhöhe angesetzten Orten in denselben Jahren v. 1783 — 1786 beobachtet wurden.

im Jahre	zu Würzburg					Prag					Sagan					Kopenhagen				
	Gewitter im																			
	Mai	Jun.	Jul.	Aug.	Spt.	Mai	Jun.	Jul.	Aug.	Spt.	Mai	Jun.	Jul.	Aug.	Spt.	Mai	Jun.	Jul.	Aug.	Spt.
1783	7	5	6	5	0	9	5	7	12	2	9	11	8	10	1	1	2	0	0	0
1784	3	5	2	2	1	3	3	5	12	1	5	6	4	11	2	0	0	0	0	0
1785	0	1	4	2	0	0	2	1	4	0	1	2	8	6	8	0	0	0	0	0
1786	2	5	2	0	0	3	5	1	2	0	3	6	5	3	3	0	1	1	0	0

im Jahre	Stockholm					zu Moscau *)						Spydberga			Petersburg				
	Gewitter im																		
	Mai	Jun.	Jul.	Aug.	Spt.	Apr.	Mai	Jun.	Jul.	Aug.	Spt.	Jun.	Jul.	Aug.	Mai	Jun.	Jul.	Aug.	Spt.
1783	1	3	4	7	0	3	4	7	6	3	0	5	1	2	1	4	1	0	0
1784	1	1	2	2	1	0	1	6	2	0	0	2	3	0	0	6	2	3	0
1785	1	3	3	2	0	0	4	8	5	2	0	3	2	3	0	2	0	1	1
1786	0	1	1	7	0	0	2	8	13	5	2	3	2	2	0	4	5	4	0

*) Die Jahre sind alten Styls.

Es bestätigt sich auch durch diese Tabelle, dafs in der Regel der Julius der an Gewittern reichste Monat des Jahres ist, und dafs in der Frequenz der Gewitter die Monate folgende Ordnung beobachten: Julius, August, Junius, Mai, September, April. Es ergiebt sich ferner, dafs die Gewitter um so häufiger sind, je südlicher die Breite oder vielmehr, je gröfser die mittlere Temperatur eines Orts ist. Indefs begreift man leicht, dafs aufser diesem Factor auch noch andere, häufig örtliche Umstände, insbesondere die Lage in der Nähe von Gebirgen u. s. w. einen bedeutenden Einflufs auf die Menge der Gewitter äufsern. So zeichnet sich unter allen in der mitgetheilten Tafel aufgeführten Orten, das in einer angenehmen und fruchtbaren Ebene unweit der Brenta liegende Padua durch seine zahlreichen Gewitter aus, deren Zahl in jenen 5 Jahren 201 in dem viel südlicher gelegenen Rom dagegen nur 100 betrug. Noch viel auffallender ist die aufserordentlich geringe Zahl von Gewittern = 5 in Kopenhagen, verglichen mit der in dem viel nördlicher gelegenen Stockholm = 40. Kopenhagen liegt aber auch nach allen Seiten entfernt von Gebirgen, deren von der Sonne in den heifsen Mittagsstunden auf einen hohen Grad erhitzte Thäler die vorzüglichste Werkstätte der Gewitter sind. Eine ähnliche Lage von Marseille scheint auch hier einen wesentlichen Antheil an der auffallend geringeren Frequenz der Gewitter zu haben, als sonst nach seiner südlichen Lage zu erwarten wäre. In der ganzen gemäfsigten Zone sind der Julius und August als die beiden heifsesten Monate auch die Gewitterreichsten. Das eigentliche ächte Gewitter entsteht nach Schön[1] auch nur bei höherer Temperatur. Die mittlere Temperatur, bei welcher dasselbe sich bildet, giebt er zu 20° R., und in den ganz heifsen Sommern zu 25 bis 28° R. an. Doch entstehen im April, Mai, im Anfange des Junius Gewitter auch schon bei 17 bis 18° und im September bei 15 bis 17°. Im Winter sind daher die Gewitter stets eine Seltenheit, und sie weichen auch von den Sommergewittern darin ab, dafs sie mehr sturmartig und schneller vorübergehend sind. Auch schlagen sie gewöhnlich in Gebäude ein, was theils davon herrührt, dafs sie niedriger ziehen, theils davon, dafs im Winter die entlaubten saftlosen Bäume die Elektricität weniger anziehen, auch dieselbe nicht unmerklich durch

1 Schw. IV. 398.

den Regen abgeleitet werden kann. Es ist bemerkenswerth, daſs die *Wintergewitter* in den mehr nördlichen Gegenden verhältniſsmäſsig häufiger vorzukommen scheinen. Man hat über diese Wintergewitter an der Westküste von Norwegen, besonders in dem Stifte Bergen, interessante Nachrichten von zwei norwegischen Beobachtern, dem Rector Arentz in Bergen, und dem Pfarrer Herzberg einer Aufforderung v. Hauch's zu verdanken[1]. Diese Gewitter entstehen eben sowohl nach einem starken Froste, der einige Wochen gedauert hat, als nach langem Thauwetter, milder Luft, starkem Regen und Südwind, in beiden Fällen aber kommen sie constant mit West- und Nordweststürmen. Sie sind stark auf den Inseln, die dem freien Meere am nächsten liegen, und schwächer im Innern der Fiorden. von Buch, der auf seiner Reise in Norwegen gleiche Nachrichten einzog, findet die Ursache dieser Wintergewitter an der Westküste von Norwegen[2] in dem Wasserdampfe, welcher seine hohe Temperatur, womit er von temperirten Klimaten her das Land erreicht, über dem kalten Festlande verliert, sich schnell zu Wolken verdichtet, eben so schnell sich seiner Elektricität entladet, während im Sommer diese Temperaturdifferenz nicht vorhanden ist. Jedoch steht die an demselben Orte durch v. Buch aufgestellte Behauptung, daſs es an derselben Westküste von Norwegen gar keine Gewitter im Sommer gebe, mit an Ort und Stelle gemachten Beobachtungen im Widerspruche, da der Rector Arentz, der von 6 Jahren Beobachtungen über Gewitter in Bergen und Drontheim mitgetheilt hat, von ersterem 8 Gewitter im Julius und 3 im August, und von letzterem 9 im Julius und 4 im August aufführt. Diese Sommergewitter unterscheiden sich aber dadurch von den Wintergewittern, daſs die Gewitterwolken nicht von Westen, sondern meistens von S, SO. und NO. kommen. Immer bleibt aber die groſse Anzahl jener Wintergewitter in den angeführten Gegenden merkwürdig, die in den 3 Monaten October bis December in jener Zeit von 6 Jahren doch 11 betrug. Auch in Island ereignen sich Donner und Blitz am öftersten im Winter, bei mittelmäſsiger Kälte, trüber Luft und Schnee. Auf den Färöer Inseln finden Gewitter nur im Winter statt, und zwar bei starkem Sturme. Arentz, der diese Beob-

1 G. XXIX.
2 G. XXV. 308.

achtungen aus Reisebeschreibungen mittheilt, bemerkt dabei, daſs sich dieses nach der Lage dieser Inseln vermuthen lieſs, da letztere sowohl als Island vom Meere umgeben sind, und in einer hohen Breite liegen, folglich im Sommer eine gleiche und beständige Temperatur haben müssen, da alsdann selbst die nördlichen Winde temperirt seyen, während im Herbste und Winter die von den nördlichen Klimaten herwehenden kalten Winde plötzliche und auffallende Veränderungen in der Temperatur der Atmosphäre, schnelle Verdichtung der Dünste und Entbindung ihrer Elektricität herbeiführen müssen. In den allernördlichsten Landen, namentlich in Grönland, sind Gewitter überhaupt eine seltene Erscheinung.

Die Tageszeit betreffend, so sind die Gewitter am häufigsten des Nachmittags, seltener des Nachts, am seltensten des Vormittags. Auch hier zeigt sich wieder, wenigstens zum Theil, die Beziehung auf die Wärme. Es ist eine Behauptung von Schiffern und Landleuten, die auf dergleichen Wetter-Erscheinungen mehr aufmerksam sind, daſs der Vollmond ein Gewitter nicht zum Ausbruch kommen lasse, und wenn ein solches auch schon am Himmel stehe, der Vollmond, so wie er vom Horizonte in die Höhe steigt, es auflöse und zerstreue. Gronau will diese Regel im Allgemeinen bestätigt gefunden haben, doch bemerkt er, daſs trotz des hellen Vollmonds am 31sten August 1806 zwei starke Gewitter auf einander folgten. Ich habe gleichfalls öfters bemerkt, daſs nach aufgegangenem Vollmonde ein beinahe schon ganz ausgebildetes Gewitter sich wieder zerstreute.

III. Richtung und Zug der Gewitterwolken.

Zur Erforschung und Aufklärung dieses für Meteorologie so wichtigen Gegenstandes hat die naturforschende Gesellschaft zu Halle im Jahre 1820 die Meteorologen Deutschlands durch eine öffentliche Ansprache aufgefordert, und ein zweckmäſsiges Schema zu Beobachtungen in dieser Hinsicht bekennt gemacht[1], und es sind dadurch interessante Mittheilungen von verschiedenen Seiten veranlaſst worden. Die Hauptidee war irgend eine gesetzmäſsige Beziehung des Zugs der Gewitter auf gewisse Verhältnisse unsers Erdkörpers auszumitteln. Als Resultat stellt

1 Vergl. Schw. J. XXVII. 4 Heft und N. R. I. 119.

KEFERSTEIN[1] aus den vielen an die naturforschende Gesellschaft eingesandten Mittheilungen auf, dafs nur sehr wenige Gewitter in Deutschland eine Richtung in der nordöstlichen Linie haben, sondern in der südwestlichen ziehen, selbst da, wo die Beobachtungspuncte in Thalgegenden lagen, die mit ihren Höhenzügen weithin eine Richtung von Süden nach Norden haben. KEFERSTEIN bringt diesen im Ganzen constanten, und von der besondern Oberfläche, auf welcher sich die Gewitter bilden, unabhängigen Zug der Gewitter mit der Richtung der Gebirge und Gebirgsmassen in Beziehung, die im Allgemeinen und Grofsen betrachtet, eine südwestliche Richtung haben. In Rücksicht auf diesen Zug von W. und besonders von SW. nach NO. stimmen auch die Beobachtungen SCHOEN's über den Gewitterzug im Würzburgischen und SCHÜBLERS über diejenigen in Würtemberg überein, der aus mehreren Jahren von sehr verschiedenen Puncten dieses Landes Gewitterbeobachtungen gesammelt hat. Letzterer bringt den Zug der Gewitter gleichfalls in Beziehung mit der Richtung der bedeutenden Gebirgskette, welche unter dem Namen der schwäbischen Alp sich durch dieses Land von SW. nach NO. zieht; die am Fufse dieses Gebirges, vorzüglich am nordwestlichen Abhange unmittelbar, liegenden Orte werden am meisten von Gewittern heimgesucht, während die in den nördlichen tieferen Gegenden Würtembergs, so wie in den ebenen Gegenden des südöstlichen Schwabens gelegenen Orte davon mehr verschont bleiben. SCHWEIGGER fafste mehr die Beziehung dieser Richtung des Zuges der Gewitter auf die magnetischen Verhältnisse der Erde auf, und glaubt in dem vorherrschenden Zuge der Gewitter von SW. nach NO. also in einer Linie, die bei uns wenigstens den magnetischen Meridian senkrecht durchschneidet, eine solche Abhängigkeit angedeutet. Er bemerkt dabei, es würde interessant seyn, den Zug der Gewitter in Gegenden, wo die magnetische Linie eine etwas andere Lage hat, z. B. in Sibirien, kennen zu lernen. Ich finde wirklich in REIMARUS neueren Bemerkungen vom Blitze eine hierher gehörige Thatsache. Er führt nämlich[2] von den häufigen Gewittern, die man während des Höhenrauchs im Jahre 1783 im asiatischen Theile Rufslands am Altai beobachtete, an, dafs sie aus Osten

1 Schw. VII. 4—7.

2 a. a. O. S. 5.

über die Schneegebirge kamen. Auch in Holstein und insbesondere in einem Umfange von mehreren Meilen um Kiel nehmen die Gewitter gewöhnlich ihren Zug von SW. nach NO., wobei die Ostsee, die sich in letzterer Richtung ausdehnt, jedoch nicht ohne Einfluſs zu seyn scheint. Nach Gronau ist gleichfalls bei Berlin der Zug der Gewitter am gewöhnlichsten aus SW., am seltensten aus N. und NO. Daſs jedoch in Gegenden, wo die Gewitter der Regel nach ihren Zug von W. nach O. nehmen, die Ausnahmen nicht ganz selten sind, beweisen unter andern die von Schübler mitgetheilten Nachrichten. So kamen unter den 43 Gewittern, die im Jahre 1824 zu Giengen beobachtet wurden, doch 5 von Osten und zogen nach Westen, und in Zeil kamen von 55 im Jahre 1821 beobachteten Gewittern gegen 28 von W. 16 dagegen von O[1]. Auch wurde schon oben bemerkt, daſs im Stifte Bergen die Sommergewitter mehr von O. nach W., die Wintergewitter dagegen in der entgegengesetzten Richtung ziehen. Gewitter, welche von der gewöhnlichen Regel ihres Zuges abweichen, zeichnen sich gewöhnlich durch Heftigkeit aus, und namentlich bemerkt Schübler von denen in Würtemberg von Osten herkommenden Gewittern, daſs sie gewöhnlich durch Hagel gefährlich seyen[2]. Bisweilen kehren die Gewitter auch wohl wieder zurück, wodurch dann ihr Zug der entgegengesetzte von demjenigen nach der gewöhnlichen Regel wird. Gronau bezweifelt zwar dieses Zurückkehren der Gewitter wenigstens in den Ebenen[3]. Es entstehen oft, meint er, zwischen hinweggezogenen Gewittern und dem Zenith neue Gewitterwolken, wo sich dann die Wolken nach allen Seiten ausbilden, sowohl nach der Seite, wo das Gewitter hergekommen, als wo es hingezogen ist, was dann allerdings den Schein verursacht, als ob das Gewitter zurückgekehrt wäre. In gebirgigten Gegenden läſst sich selbst auf eine mechanische Weise eine Reflexion der Gewitterwolken denken. In der That giebt es auch sogenannte *Wetterscheiden*, die auf den Zug der Gewitter einen wesentlichen Einfluſs ausüben. Solche Wetterscheiden sind vorzüglich einzelne Berge, noch mehr waldige Gebirgsrücken, die den Gewittern ein Hinderniſs ent-

1 Schw. IV. 379.

2 a. a. O.

3 Ebend. I. 127.

gegenstellen, so dafs sie gewöhnlich längere Zeit stehen bleiben und dann in etwas veränderter Richtung weiter ziehen. Bisweilen werden durch solche Wetterscheiden die Gewitter in zwei Theile getheilt, welche entweder getrennt nach abweichenden Richtungen weiter ziehen, oder sich auch wieder hinter der Wetterscheide vereinigen, wenn die Wetterscheide durch einen mehr einzeln stehenden Berg gebildet wird. Der seltenste Fall ist, dafs das Gewitter eine rückgängige Bewegung annimmt, in welchem Falle es, wie schon bemerkt, gewöhnlich sehr heftig endlich zum Ausbruche kommt. Eine solche hemmende Wirkung auf Gewitter äufsern selbst hie und da Bergketten, welche nicht mehr als 1500 P. Fufs über das Meer und 500 P. Fufs über die Oberfläche der nächsten Thäler aufsteigen [1]. Schübler führt in seinen verschiedenen Abhandlungen über die Gewitter in Würtemberg eine grofse Zahl solcher Wetterscheiden an [2].

Schön fand die oft von Landleuten aufgestellte Regel: dafs spätere Gewitter die Richtung einhalten, welche frühere Gewitter eingeschlagen haben, bestätigt [3], besonders bei den vielen Gewittern im Jahre 1819, indem bei weitem die meisten von NW. kamen, von wo aus die ersten ihren Zug genommen hatten. Dieselbe Regel fand auch Dr. Guenther in den Gebirgsgegenden am Rhein, namentlich im Siebengebirge, sowohl durch eigene Beobachtungen als durch das Zeugnifs der dortigen Landleute bestätigt [4]. Schübler bemerkt zwar, dafs ihm diese Regel von Wetterbeobachtern in Würtemberg gleichfalls als ein Resultat vieljähriger Beobachtungen mitgetheilt worden sey, doch mit der Beschränkung, dafs sie nicht für die Gewitter im August und September gelte, er selbst aber fand sie, wenigstens für die im Jahre 1821 beobachteten Gewitter, nicht bestätigt, da die ersten am Ende April von Osten, im Mai aber schon mehrere im Westen und noch mehrere in den folgenden Monaten von daher kamen [5].

1 Vgl. Schübler in Schw. I. 139.

2 Schw. I. 138. IV. 383. XI. 26.

3 Schw. IV. 400.

4 Schw. XXI. 105.

5 Schw. IV. 379.

IV. Periodische Wiederkehr der Gewitter.

Der berühmte Alex. Volta [1] hat in den Gebirgsgegenden am Comer-See beobachtet, dafs die Gewitter eine Neigung besitzen, viele Tage hinter einander um dieselbe Stunde und genau aus demselben Orte wieder zu erscheinen, wo sie am ersten Tage wahrgenommen wurden. Diese periodische regelmäfsige Wiederkehr gilt vorzüglich für solche Orte, wo in den Sommer-Monaten die Gewitter täglich erscheinen, wie z. B. für die Gebirgsthäler in der Nähe des Comer-Sees, die Gegend von Como u. s. w. Dabei zeigte die Beobachtung, dafs diese merkwürdige Erscheinung nicht von örtlichen Umständen abhänge, so dafs ein gewisses Thal oder eine Bergschlucht geschickter wäre, den Gewittern Entstehung zu geben, sondern es wird vielleicht nach wenigen Tagen, wenn eine ähnliche periodische Gewitterbildung eintritt, nicht mehr dieses Thal, sondern ein anderes der Ort seyn, wo andere Gewitterwolken zum Vorschein kommen, die dann abermals der Anfang einer solchen Periode sind. Man darf daher die Ursache einer solchen periodischen Gewitterbildung an bestimmten Orten nicht in allgemeiner örtlicher Beschaffenheit solcher Orte, in der Lage der Berge u. s. w. suchen. Vielmehr meint Volta, müsse sie ihren Grund in einer von dem Gewitter des vorigen Tages herrührenden Modification der darüber schwebenden Luft haben, welche selbst nach der wieder eingetretenen Aufheiterung noch einen ganzen Tag nachher fortdauert. Diese Modification soll nun 1. theils in einem eigenthümlichen und dauernden el. Zustand der Luftsäule; 2. in einer erheblichen und gleichfalls dauernden Abänderung ihrer Temperatur bestehen. Die Luftsäule, durch welche ein Gewitterregen herabsteigt, müsse sowohl durch die Mittheilung der starken E., die jedem solchen Regen eigen sey, als auch durch die Hervorbringung neuer E. vermöge des heftigen Herabstürzens von Wasser elektrisirt werden, wobei sich Volta auf die ältere Entdeckung von Tralles, dafs bei grofsen und reichlich strömenden Wasserfällen eine starke E. erregt wird, bezieht [2], so könne dann diese Luftsäule einen ganzen Tag und länger E. behalten,

1 Aus dem Giornale di Fisica u. s. w. übers. in G. LVII. 341. und Schw. XIX. 262.

2 Vgl. auch Volta's meteorologische Briefe an Lichtenberg VII. Brief.

um die zerstreuten Dünste anzuziehen, und sich mit ihnen zu beladen vorzugsweise von den benachbarten Luftsäulen, in welchen sich nur die gewöhnliche ziemlich schwache E. heiterer Luft findet. Hierzu komme nun noch, daſs der mit dem Gewitterregen getränkte Boden, wenn die Mittagssonne ihn durchwärme, der über ihm stehenden Luftsäule mehr Dünste zuführe, als die übrigen Luftsäulen erhalten. Hier hätten wir denn eine reiche Quelle neuer hinreichend starker E., welche ohne Zweifel unter diesen Umständen hervorgebracht werde, wenn die bis dahin elastischen und durchsichtigen Dämpfe, die sich in dieser Luftsäule sammelten, sich über den Sättigungspunct hinaus verdichteten und sich in bläschenförmige Dünste, Nebel und Wolken verwandelten. Und diese müſsten desto dichter werden, da jene Ursachen fortdauernd hier neue Dünste zusammenhäuften, und da überdem noch eine andere Ursache mächtig zu ihrer Verdichtung beitrage.

Diese andere Ursache ist nach Volta die ungewöhnlich niedrige Temperatur, welche in jener Luftsäule stattfinden muſs. Diese Luftsäule muſs sich am folgenden Tage nach dem Gewitter noch abgekühlt finden vorzüglich in der Höhe, wo die Gewitterwolken hingen, oder hindurchzogen, da diese gefrorenen oder beinahe gefrorenen Wolken die umgebende Luft wenigstens nahe bis zu ihrer Temperatur herabbringen muſsten. Diese Luftschicht ist eben dadurch weit mehr als die übrigen geneigt, die neuen ihr beständig zuströmenden Dünste zu dunkeln Wolken zu verdichten. Auf diese Weise bildet sich das erste Wölkchen, an der bestimmten Stelle, während noch der übrige Himmel heiter bleibt, dieses Wölkchen wird sichtlich immer dunkler vermöge der immer neuen Ansammlung und Verdichtung der Dünste, und das Gewitter ist so geboren und begonnen. Zur Begründung jenes zweiten Erklärungsgrundes führt Volta noch die Thatsache an, daſs so häufig nach Gewittern aus der Gegend, wo das Gewitter herrschte, ein kalter Wind oft längere Zeit hindurch und über sehr ausgedehnte Strecken hinbläst. Fand eine sehr starke Erkältung jener höheren Luftschichten statt, wenn sehr reichlicher Hagel fiel, so wird die Luftsäule wegen der starken Verdichtung, die sie dann erlitten, sich schneller senken, die der Erde nähere Luft rings umher verdrängen und in eine horizontale Bewegung versetzen, und dann selbst eine solche annehmen, sobald sie etwas wärmer wird und sich

folglich ausdehnt. Daſs dieser kalte Wind gewöhnlich erst mehrere Stunden und häufig erst den folgenden Tag zu wehen anfängt, rührt davon her, daſs die untere Luft unmittelbar nach dem Gewitter selbst abgekühlt und verdichtet ist, und erst wenn sie durch die Sonnenwärme des folgenden Tages erwärmt und ausgedehnt worden ist, die obere kalte Luftsäule ein Uebergewicht von specifischem Gewichte erhält, um sich senken zu können. Die besonders trockene Beschaffenheit jenes kalten Windes beweise gleichfalls, daſs er von einer Luft herrühre, die sich aus höheren Gegenden niedergesenkt habe, wo bekanntlich groſse Trockenheit herrschend sey, wofür endlich noch der Umstand spreche, daſs, wenn auf ein Gewitter vielmehr Stille eintritt, und nicht ein solcher kalter Wind ausbricht, die Wiederkehr des Gewitters am folgenden Tage um so sicherer Statt findet, weil dann die erkalteten Luftschichten ihre höhere Lage beibehalten haben und die E., womit sie geschwängert waren, und die durch das vorige Gewitter erzeugte Kälte besser und längere Zeit in sich zurückhalten. So kehren dann unter den angegebenen Umständen mehrere Tage nach einander zur bestimmten Zeit die Gewitter wieder, wenn dann aber das Gewitter einmal mit heftigen Regengüssen und Hagel zum Ausbruch kommt, und nach diesem Ausbruche der erwähnte Wind eintritt und den nächsten Tag fortdauert, so ist die Kette dieser periodischen Gewitter zerrissen. Configliachi bemerkt [1] in einem Zusatze zu Volta's Abhandlung, daſs er an heiteren Tagen die el. Spannung der Atmosphäre an den Orten, wo sich am vorigen Tage ein Gewitter aufgehalten hatte, viel stärker als sonst gewöhnlich gefunden habe, und daſs er bloſs aus dieser sehr starken Luftelektricität an einem heitern Tage, welchem ein starkes Gewitter vorangegangen war, die er auf dem Gipfel des Monte generoso beobachtete, ein bevorstehendes Gewitter voraussagte, welches dann auch wirklich mit reichem Hagel zum Ausbruche kam. Nicht weit von der Terra Pliniana ist ein Thal, welches 14 Tage nach einander der Entstehungsort von Gewittern war, deren erste Wolken beinahe um dieselbe Nachmittagsstunde aus demselben hervorgingen, und sich in dem Innern ihres Geburtsortes ausdehnten, um in Kurzem nach einigem Donner und Regen zu verschwinden. Auch Dr. Guenther fand in den Gebirgsge-

1 a. a. O. S. 357.

genden am Rheine namentlich im Siebengebirge VOLTA's Beobachtung so weit bestätigt, daſs fast jedesmal, so oft ein Gewitter zu einer ungewöhnlichen Stunde, nämlich vor oder kurz um Mittag ausbricht, dasselbe mehrmals zu derselben Zeit wiederkehrt, und besonders nach der Beobachtung der Landleute 3 (?) Tage nach einander [1].

V. Ausbreitung und Fortbewegung der Gewitter.

Wenn gleich in der Regel die Gewitter, besonders die schwächeren, eine mehr örtliche Erscheinung sind, und ihr Entstehungsort und der Ort ihres Ausbruchs nicht weit auseinander liegen, so giebt es doch auch Gewitter, die sich weit verbreiten, in ihrem Fortgange sich verstärken, und auf ihrem oft sehr langen Wege weit ausgedehnte Strecken heimsuchen. Die Bewegung derselben ist dann sehr schnell. Nach Beobachtungen über die Gewitter in Würtemberg [2] durchlaufen die Gewitterwolken einen Weg von 30 Stunden in 1,5 bis 2 Stunden und haben folglich eine Geschwindigkeit von 47 bis 63 Par. Fuſs in einer Secunde, folglich die eines starken Windes. Heftige Gewitter mit Sturm begleitet verbreiten sich besonders fortschreitend über weite Strecken. Ein ausgezeichnetes Gewitter dieser Art war das Gewitter vom 14 Januar 1821 [3], das von den Niederlanden ausging, sich über die ganze Breite von Deutschland von NW. nach SO. erstreckte, an mehreren Orten einschlug und seine groſse elektrische Intensität auch dadurch beurkundete, daſs in Hannover und Heiligenstatt zwei herabfallende Feuerklumpen beobachtet wurden, die mit einem Knall wie ein Kanonenschlag zerplatzten. Zu Elberfeld wurde es Abends 5½ Uhr und in Nürnberg Nachts um 1 Uhr beobachtet, welches eine Geschwindigkeit von ungefähr 10 geographischen Meilen auf die Stunde anzeigt. Im Jahre 1823 kam in Würtemberg ein Gewitter vor, das nach der schnellen Aufeinanderfolge von Gewittern in der Richtung von W. nach O. bis nach Ungarn hinein, wenn man dieselben als das Fortschreiten eines und desselben Gewitters

1 Schw. XXI. 106.

2 SCHÜBLER in Schw. I. 142.

3 Vgl. Schw. VII. 335.

annehmen dürfte, eine Geschwindigkeit von 25 geographischen Meilen in einer Stunde gehabt haben würde.

VI. Vertreibung der Gewitter.

Ein sonst von Aberglauben begünstigtes Mittel, um herannahende Gewitter zu zerstreuen, war das Läuten mit Glocken, von welchem sich indeſs keine solche Erschütterung der Luft erwarten läſst, um die Gewitterwolke zu zerstreuen. Ganz anders verhält es sich aber mit dem Abfeuern von schwerem Geschütze, und überhaupt mit heftigen Explosionen, die in der Luft verursacht werden. Sehr merkwürdige Erfahrungen hierüber enthält ein Aufsatz von einem Herrn Leschevin zu Dijon [1]. Er führt an, daſs ein Marquis de Chevriers, ein ehemaliger Seeofficier, der sich auf sein Landgut, welches in dem ehemaligen Laconnais, einem Theile von Bourgogne, gelegen war, zurückgezogen hatte, und hier mehrmals Zeuge der groſsen Verwüstungen gewesen war, welche der Hagel anrichtete, sich erinnernd zur See gesehen zu haben, daſs man sich mit gutem Erfolge des schweren Geschützes bedient hatte, um Gewitterwolken zu zerstreuen, ein ähnliches Verfahren in den siebenziger Jahren des vorigen Jahrhunderts in der dortigen Gegend mit dem glücklichsten Erfolge einführte. Beim Herannahen von Gewittern wurden auf den Höhen Pöller abgefeuert, und auf seinen Gütern allein verbrauchte derselbe jährlich 200 — 300 Pfund Pulver zu diesem Zwecke. Die Einwohner der umliegenden Gemeinden durch eine vieljährige Erfahrung von der Nützlichkeit dieses Mittels überzeugt, fuhren auch nach seinem Tode, welcher im Anfange der Revolution erfolgte, fort, es in Gebrauch zu erhalten; ihr Beispiel wurde von der benachbarten Gegend nachgeahmt, und seitdem ist es in den gröſsten Theilen von Maconnais in regelmäſsiger Anwendung. Die Gröſse der Pöller, ihre Ladung, und die Menge der Schüsse, die man thut, sind nach den Umständen und nach der Oertlichkeit verschieden. So bedient sich die Gemeinde von Fleury eines Mörsers, in welchen ein Pfund Pulver geladen wird, gewöhnlich schieſst man ihn auf den Höhen ab, bevor die Wolken sich allzustark angehäuft haben, und fährt mit dem Schieſsen so lange fort, bis die Gewitterwolken gänzlich zerstreut sind. Leschevin hatte selbst Ge-

1 Gilb. Ann.

legenheit zu Grenoble, wo eine Artillerieschule ist, sich von der Wirkung starker und häufiger Explosionen auf dickes Gewölk zu überzeugen.

Parrot[1] machte, von einer ganz eigenen Theorie der Gewitter ausgehend, den Vorschlag, die Gewitter durch Bomben, welche man in die Regionen, in welchen sich die Gewitter bilden, schleudern und so zubereiten solle, daſs sie daselbst zur Explosion kommen, nicht sowohl zu zerstreuen, als vielmehr zu einem relativ unschädlicheren Ausbruche zu bringen. Wenn auch die Theorie, auf welche dieser Vorschlag gebaut ist, richtig wäre, so möchte doch durch eine solche Explosion der eigentliche Zweck, auf den es dabei abgesehen ist, kaum erreicht werden, nämlich eine groſse Menge von Sauerstoffgas zu verzehren, da die brennbaren Materien des Schieſspulvers bei ihrem Verbrennen nicht eigentlich den Sauerstoff der Atmosphäre verzehren. Eher läſst sich noch der Vorschlag von Denize[2] hören, der auſser dem Hervorbringen von heftigen Erschütterungen in der Luft, um die in derselben adhärirenden Wassertheilchen auf das stärkste zu schütteln (!) und dadurch einen Regenguſs zu veranlassen, die Errichtung einer sehr mächtigen Leitung zwischen den Wolken und der Erde, es sey nun durch Feuer, das man an vielen Stellen anmacht und mit recht trockenen Brennmaterialien unterhält, oder durch Verdampfung oder durch Verbrennung harziger Materien, empfiehlt. Auſser diesen Mitteln gegen die Gewitter überhaupt sind auch die in neueren Zeiten gegen den Hagel empfohlenen Mittel, von denen unter diesem Artikel die Rede seyn wird, der Berücksichtigung werth.

VII. Theoretische Betrachtungen.

Ich habe schon unter dem Artikel *Blitz*[3] auf die Dunkelheiten hingewiesen, welche in der Lehre vom Gewitter noch herrschen. Dasjenige, worüber die Meteorologen noch uneins sind, besteht vorzüglich darin, ob die gewöhnlichen Wasserdünste, wie sie durch die Wärme erzeugt werden, ohne eine weitere Veränderung erlitten zu haben, das einzige Materiale zur Bildung der Gewitterwolken, so wie überhaupt aller wäſsri-

1 G. X. 216.
2 G. XXIV. 256 ff.
3 I Bd. 2te Abth. S. 989 ff.

gen Niederschläge aus der Atmosphäre sind, oder ob nicht vielmehr eine Umwandlung derselben vorangegangen ist, entweder wie Saussüre will, durch eine innige Vereinigung mit der Luft überhaupt, oder nach Parrot mit dem einen Bestandtheile der Atmosphäre, dem Sauerstoffgase, oder nach De Lüc durch eine gänzliche Umwandlung in Luft. Da mehrere Versuche im Kleinen uns durchaus nichts von der Art gezeigt haben, so bleibt hier ein gutes Feld für Hypothesen offen, die sogenannten Imponderabilien sind dienstfertig genug, für jede solche Umwandlungsverrichtung, die man ihnen anweist, und die geheimen chemischen Processe, die man zu Hülfe nehmen mufs, geben dem Vortrage ein gelehrtes Ansehen. Wenn wir auch gerne einräumen, dafs wir bei Grundlegung der ersten Annahme von den verschiedenen Erscheinungen noch keine durchaus befriedigende Erklärung geben können, so geben wir ihr doch darum den Vorzug, weil sie die einfachste Erklärung an die Hand giebt, die wenigsten noch nicht bewiesenen Voraussetzungen enthält, und wenigstens mit keiner bis jetzt bekannten Thatsache in offenbarem Widerspruche steht. Dafs an heifsen Sommertagen die Atmosphäre allmälig mit wäfsrigen Dünsten übersättigt werden mufs, ist einleuchtend. Mit dieser sehr starken Verdunstung mufs auch die freie E. in den höheren Gegenden der Atmosphäre zunehmen. Aber auch gebundene E. scheinen die Wasserdünste in die höheren Gegenden zu führen. Da die höheren Gegenden der Atmosphäre im Ganzen mehr trocken sind, so kann diese Verdunstung mehrere Tage fortgehen, ehe in diesen Schichten das Maximum von Feuchtigkeit erreicht oder gar überschritten wird. Ist die Luft ruhig (und eine solche begünstigt vorzüglich die Bildung der Gewitter), so kann aber auch wirklich dieses Maximum von Feuchtigkeit schon überschritten seyn, ohne dafs es noch zur wirklichen Verdichtung, zur Wolkenbildung, kommt. Wir kennen ähnliche Fälle, wo alle Umstände zur Veränderung des Zustandes zur Erstarrung, Krystallisation u. s. w. vorhanden sind, und diese noch nicht eintreten, bis ein letzter kleiner Umstand die Veränderung entscheidet, die ihrer Gröfse nach demselben gar nicht proportional zu seyn scheint. Beispiele dieser Art geben Auflösungen von Salzen, die in der Wärme vollkommen gesättigt, bei der Abkühlung übergesättigt sich flüssig erhalten, bis ein kleiner hineingeworfener Krystall, eine gewisse Erschütterung, eine reichliche Krystall-

bildung bestimmen, das mehrere Grade unter den Gefrierpunct erkaltete Wasser, welches gleichfalls durch Erschütterung sich dann schnell in Eis verwandelt, manche geschmolzene Körper u. dgl. Mit einer solchen Spannung zur Krystallisation kann man die Gewitterspannung in der Luft vergleichen, in welcher, wenn sich ein erstes Wölkchen gebildet hat, die weitere Wolkenbildung einen so raschen Fortgang macht. Daſs mit einer schnelleren Verdichtung eine stärkere Elektricitäts-Anhäufung verknüpft seyn müsse, leuchtet von selbst ein, da die aus den sich verdichtenden Dünsten frey werdende E. nicht Zeit hat, sich zu zerstreuen. Es kommt aber hierbei noch ein zweiter Umstand in Betracht, der die elektrischen Explosionen bei der Wolkenbildung an heiſsen Sommertagen begünstigt. Brandes hat auf eine groſse Wärme in den höheren Luftschichten als ein Vorzeichen von Gewittern aufmerksam gemacht[1]. Diese gröſsere Wärme ergab sich theils durch directe thermometrische Versuche, die schon für 18 Fuſs Höhe $1\frac{1}{2}$° R. mehr Wärme gaben, als für 4 Fuſs, theils für die gröſseren Höhen durch die Phänomene der Strahlenbrechung. Wenn man nun bedenkt, daſs die Wirkungen des Blitzes wenigstens in Schmelzung der Spitzen von Gewitterableitern die Wirkungen unserer gröſsten Batterieen eben nicht auffallend übertreffen, so ist man mit Gay Lüssac[2] geneigt, eben keine so auſserordentliche elektrische Intensität der Gewitterwolken anzunehmen, sondern die Ursache der Entladung der Wolken auf so groſse Strecken, worin sie unsere elektrische Batterieen in einem so auſserordentlichen Grade übertreffen, in dem geringen Widerstande zu suchen, welchen ihnen die in höheren Gegenden noch so warme und dünne Luft entgegensetzt. In dem viel gröſseren Widerstande der kalten und viel dichteren Luft im Winter mag dann auch mit ein Grund der viel gröſseren Seltenheit der Gewitter im Winter liegen, worauf schon Achard aufmerksam gemacht hat[3]. Was den vorherrschenden Zug der Gewitter in der Richtung von W. nach O. betrifft, so verweise ich deswegen auf den Artikel *Regen*, und bemerke nur, daſs auf keinen Fall in jenen hypothetischen elektrischen Strömen, die nach Ampère's Theorie des Elektroma-

1 Beiträge zur Witterungskunde S. 363.

2 Annales de Chimie et de Physique XXIX. 105.

3 Chemisch-physische Schriften. Berl. 1780. I. Bd. S. 253.

gnetismus die Erde umkreisen sollen, die Ursache dieser Richtung liegen kann, da diese Ströme vermöge ihrer Richtung von Osten nach Westen die gleichnamige in den Gewittern und also gerade die entgegengesetzte von derjenigen, welche sie in der Regel haben, veranlassen müfsten. *P.*

G l a s.

Vitrum; verre, *Glafs.* So heifst im allgemeinsten Sinne jede nach dem in der Glühhitze erfolgten Schmelzen zu einer durchsichtigen und nicht krystallinischen Masse erstarrte Materie. Das nicht Krystallinische zeigt sich nicht blofs im völligen Mangel an Blätterdurchgang, sofern blofs muschlicher Bruch bemerkt wird, sondern auch in den optischen Verhältnissen.

In diesen glasigen Zustand gehen nach dem Schmelzen über: Säuren, wie Boraxsäure und Phosphorsäure; Alkalien, wie Kalk; Erden, wie Alaunerde und Kieselerde; schwere Metalloxyde, wie das Antimonoxyd mit wenig Schwefelantimon das Spiefsglanzglas bildet; und endlich viele Salze, zu welchen auch die Verbindungen der elektropositiveren Alkalien mit den elektronegativeren Erden zu zählen sind. Unter diesen Salzen lassen sich auszeichnen: der Borax; so wie viele andere borax- und auch phosphorsaure Salze; das gemeine Glas, welches als saures kieselsaures Kali und Natron, dem öfters noch kieselsaurer Kalk beigemischt ist, angesehen werden kann; metallische Gläser, z. B. kieselsaures Bleioxyd (Bleiglas) oder Wismuthoxyd. Da sich mehrere dieser glasigen Verbindungen untereinander nach allen Verhältnissen zusammenschmelzen lassen, so entspringen hieraus mannichfache glasige Gemische, zu welchen vorzüglich das Flintglas gehört. *G.*

G l a t t e i s.

Glacies tenuis corporum superficies inducens; Verglas; *glazed frost*. Die dünne Eiskruste, mit welcher zuweilen das Steinpflaster, die Fufsböden und Mauern überzogen sind. Es bildet sich gemeiniglich bey eintretendem Thauwetter, auf der Strafse durch Regen, der dem Gefrieren nahe, mitunter wohl selbst mit gefrornen Tropfen vermischt, mit dem eiskalten Boden in Berührung kommt. Unter diesen Umständen wird auch das Eis selbst und der Schnee mit einer solchen Rinde

überzogen. An den Mauern entsteht das Glatteis zum Theil auch durch anschlagenden Regen, vornehmlich aber durch das Gefrieren der wäfsrigen Dünste, welche aus der wärmern, feuchten Luft an den kalten Wänden sich niederschlagen. Es unterscheidet sich vom *Reif* und vom gefrornen Nebel durch seine Glätte und Dichtigkeit, indem es wegen dem Uebermafs der der Feuchtigkeit und weil es nach dem Niederschlag nicht als Dunst, sondern als flüssiges Wasser gefriert, eine zusammenhängende, klare Eishaut bildet, während dem bei diesen die vereinzelten Dunstbläschen als kleine Krystallen sich ansetzen, und so einen undurchsichtigen schneeähnlichen Ueberzug zuwegebringen. *H.*

Gleichgewicht.

Aequilibrium; Équilibre; *Equilibrium*. Das Wort *Gleichgewicht* ist von dem gleichen Gewichte zweier gewogener Körper entnommen (*aequus* gleich und *librare* wiegen), und bezeichnet den Zustand, wenn zwei an einer beliebigen Waage aufgehangene Körper den Zustand der Ruhe bei der letzteren erzeugen. Weil aber dieser Zustand durch zwei einander entgegenwirkende Kräfte, zunächst das Gewicht oder die dieses bedingende Schwere, hervorgebracht wird, so ist der Begriff des Gleichgewichts überhaupt auf alle diejenigen Erscheinungen ausgedehnt, in denen zwei oder mehrere einander entgegenwirkende Körper oder die diese sollicitirenden Kräfte den Zustand der Ruhe herbeiführen. Namentlich tritt der Zustand des Gleichgewichtes bei flüssigen Körpern dann ein, wenn gleich schwere Säulen derselben sich wechselseitig zu bewegen streben, dieses aber wegen der einander entgegenwirkenden gleichen Kräfte wirklich zu erreichen nicht vermögen, oder wenn sowohl feste als auch flüssige Körper in letzteren vermöge ihres Gewichtes herabzusinken streben, ohne dafs dieses wegen des Gegendruckes der Flüssigkeiten wirklich geschehen kann. Die hierher gehörigen Aufgaben machen einen grofsen Theil der Hydrostatik und Aërostatik aus, als welche hauptsächlich vom Zustande des Gleichgewichts tropfbar flüssiger und expansibeler Körper handeln. Auf gleiche Weise sagt man von einem festen Körper, dafs er sich im Zustande des Gleichgewichts befinde, wenn er in seinem Schwerpuncte so unterstützt ist, dafs ein geringes hinzukommendes Kraftmoment eine Bewegung erzeugt, ohne dieses aber de

Zustand der Ruhe fortdauert. Beispiele dieser Art liefsen sich in Menge anführen, es genügt indefs, die Sache nur durch das einzige der mit so aufserordentlicher Kunst ins Gleichgewicht gestelletn Fernröhre und astronomischen Werkzeuge anschaulich zu machen, worunter namentlich der in Dorpat befindliche Fraunhofer'sche Refractor als bis jetzt unübertroffenes Meisterwerk das frühere so bewunderungswürdige Herschel'sche Teleskop weit hinter sich zurückläfst.

Nimmt man die Sache im Allgemeinen, so gehört es unter die Aufgaben der höheren Statik und Dynamik, die willkürlich verschiedenen und in verschiedenen Richtungen wirkenden Kräfte zu construiren, wodurch irgend ein oder mehrere gegebene Puncte im Raume auf eine solche Weise sollicitirt werden, dafs dennoch der Zustand der Ruhe aus der Summe ihrer gesammten Wirkungen hervorgeht. Dieser Zustand der Ruhe kann, bei fortdauernder Wirksamkeit der Kräfte, ein dauernder seyn, woraus dann das sogenannte stabile Gleichgewicht (équilibre stabile der französischen Geometer) hervorgeht. Auf solche Weise erklärt man z. B. den Festigkeitszustand der Körper, indem man annimmt, dafs jedes Element derselben durch entgegenwirkende Anziehungs- und Abstofsungskräfte in beharrlicher Ruhe erhalten wird, aus welcher er nur durch ein Hinzukommen neuer bewegender Kräfte oder eine Vermehrung der Wirksamkeit der bestehenden gebracht werden kann, wodurch dann eben der stattgefundene Zustand des Gleichgewichts aufhört. Nach diesem Princip wird die Statik in verschiedenen Handbüchern, namentlich dem von Poisson [1], behandelt, auch haben mehrere Geometer das Problem, nach welchen Gesetzen und unter welchen Bedingungen der Zustand des Gleichgewichts bei einem durch verschiedene Kräfte sollicitirten Puncte erhalten werden kann, zum Gegenstande besonderer analytischer Untersuchungen gemacht, unter denen ich blofs die neuesten Abhandlungen von Cauchy [2] und Nörremberg [3] namhaft machen will. Von letz-

1 Traité de Mécanique. A Paris 1811. II Vol. 8. Daselbst vorzüglich T. I. am Ende.

2 Exercices de Mathématiques. Livr. 13. Par. 1827.

3 Zeitschrift für Phys. und Math. von Baumgartner und v. Ettingshausen. I. S. 468 u. f.

teren hier etwas mitzutheilen würde zweckwidrig seyn, die Anwendungen der Gesetze des Gleichgewichts bei den verschiedenen Körpern und unter den mannigfaltigen, dabei in Betrachtung kommenden Bedingungen werden an den geeigneten Orten mitgetheilt werden. *M.*

Gleichung.

aequatio; équation; *equation;* heiſst in der Astronomie im Allgemeinen die Angabe einer solchen Correction, wodurch die mittlere Bewegung der Himmelskörper auf die wahre zurückgeführt oder wenigstens ein Beitrag zu dieser Reduction geliefert wird. Die Bewegung der Himmelskörper und eben deshalb auch die Bestimmung ihres Ortes in einem gegebenen Zeitpuncte hängt auſser der Hauptkraft, wodurch die Bewegung bestimmt wird, noch immer von manchen minder erheblichen Einwirkungen ab, und wenn man also den Erfolg so berechnet hat, wie jene Hauptkraft es fordert, so bedarf es noch der kleinen Correctionen oder Gleichungen, die durch jene schwächeren Einwirkungen bestimmt werden. Ja selbst die durch die Hauptkraft allein bewirkte Bewegung ist keine gleichförmige, und es muſs daher eine Verbesserung, eine Gleichung, angebracht werden, um den mittlern, d. i. den einer gleichförmigen Bewegung entsprechenden Ort auf den wahren zurückzuführen.

Gleichung des Mittelpuncts; *aequatio centri, prostaphaeresis;* équation du centre; *the equation or prostaphaeresis.* Wenn ein Planet durch die allein auf ihn wirkende Kraft der Sonne seine elliptische Bahn durchläuft, so ist seine Bewegung ungleichförmig, daher seine wahre Anomalie von der mittlern Anomalie verscheiden, und dieser Unterschied ist die Mittelpunctsgleichung [1].

Gleichung der Zeit; *aequatio temporis;* ist dar Unterschied zwischen mittlerer und wahrer Zeit, wovon besser im Art. *Zeit* gehandelt werden wird.

B.

Gletscher; S. Eis.

1 Vergl. Art. *Anomalie.*

Glockenspiel.

Elektrisches Glockenspiel; Carillon électrique; *Electrical Bells;* ist eine von den zahlreichen elektrischen Spielereien, welche man unter verschiedenen Formen fast in allen physikalischen Cabinetten findet. In einfachster Gestalt besteht dasselbe aus einem messingnen Träger B B, welcher mit einem Haken a über eine Stange am ersten Conductor A der Elektrisirmaschine aufgehangen wird. Von diesem messingenen Träger oder Halter hängen an beiden Enden zwei Ketten mit zwei in der Luft frei schwebenden Glocken C; E; von etwa 1,5 bis 2 Z. Durchmesser herab, in der Mitte aber eine seidene Schnur, welche gleichfalls eine Glocke D trägt. Aus der Mitte der letzteren wird eine Kette b auf den Tisch oder einen sonstigen, mit der Erde in Verbindung stehenden Leiter herabgelassen. Wird dann dem Halter B B durch den Conductor oder auf sonstige Weise Elektricität mitgetheilt, und durch die Ketten den Glocken C und E zugeführt, so kann sie von hier aus nicht entweichen; sie zieht daher die an seidenen Fäden herabhängenden messingnen Knöpfchen α und β an und stöſst diese gegen die Glocke D zurück, um an diese, und somit an die Erde überzugehen. Diese Bewegung, welche bei nur mäſsig starker Elektricität in sehr kurzen Zeitintervallen erfolgt, ist mit einem Anschlagen gegen die Glocken verbunden, woraus ein anhaltendes Geläute entsteht. Man giebt dem Apparate auch die Einrichtung, daſs eine Glocke auf einer isolirenden Glassäule befestigt und oben mit einem hervorragenden, in eine Kugel endigenden oder in einen Haken umgebogenen, Drahte versehen wird. Die gläserne Säule steht lothrecht auf einem runden Fuſsgestelle in dessen Mitte, am Umfange desselben aber sind auf messingnen Stangen in gleicher Höhe mit der mittleren gleiche Glocken von beliebiger Menge, befestigt, auf jeder derselben ist aber in der Mitte ein Draht aufgerichtet, und so krumm gebogen, daſs ein vom äuſsersten Ende an einem Seidenfaden bis zum unteren Rande der Glocken herabhängendes messingenes Knöpfchen gerade die Mitte zwischen der innern und der ihm zugehörigen äuſseren Glocke hält. Wird dann dem auf der mittleren Glocke aufgerichteten Drahte Elektricität zugeführt, so schlägt jedes Knöpfchen an diese und die ihm zugehörige Glocke

Fig. 232.

an, wodurch ein so vielfaches Geläute entsteht, als die Zahl der äufseren Glocken beträgt.

Der Neuheit wegen kann dieses Glockenspiel interessant seyn, auch zeigt es deutlich die wechselnde Anziehung leicht beweglicher Körper durch elektrische und ihre Abstofsung gegen neutrale, welches Phänomen durch diesen Apparat versinnlicht werden kann; allein für etwas längere Zeit ist das anhaltende Geläute sehr eintönig, wenn man diesem nicht durch einige Harmonie unter den Tönen der vereinten Glocken abzuhelfen sucht. Franklin benutzte indefs das Glockenspiel sehr sinnreich, um durch das Läuten desselben von dem Vorhandenseyn und der Stärke der Luftelektricität Kenntnifs zu erhalten. Zu diesem Ende verband er dasselbe mit der isolirten Stange, deren Spitze zum Auffangen der atmosphärischen Elektricität diente, und schlofs dann ohne zeitraubende specielle Beobachtung aus dem gelegentlich gehörten Läuten auf das Vorhandenseyn einer atmosphärischen elektrischen Spannung, und aus der schnellen Bewegung der Knöpfchen auf die Stärke derselben[1].

M.

Glycium.

Glycinium, Beryllium; *Glycium;* Glycinium; *Glucinium.* So heifst das bis jetzt nur in sehr kleinen Theilchen dargestellte Metall, welches mit Sauerstoff (im Verhältnisse von 17,7 : 8) verbunden, die *Süfserde* oder *Glycinerde* darstellt. Diese findet sich blofs im Smaragd, Euklas, Helvin und manchem Ytterit. Sie stellt ein weifses, zartes, nur sehr schwierig schmelzbares Pulver von 2,967 spec. Gewicht dar. Sie bildet mit Wasser ein weifses Hydrat und mit den Säuren die Süfserdesalze. Diese sind meistens farblos, schmecken, wofern sie in Wasser löslich sind, süfs und herb, und röthen Lackmus. Sie geben mit Kali und Natron und mit kohlensauerm Ammoniak, Kali und Natron Niederschläge, die sich im Ueberflufs dieser Fällungsmittel wieder lösen.

G.

Glühen, Glühlämpchen; S. Verbrennen.

1 T. Cavallo Abh. der Lehre von der Elektricität. 3te Aufl. Leipz. 1785. 8. S. 245.

Gnomon.

gnomon, *γνώμων*; ist der Zeiger an der Sonnenuhr, und auch wohl diese selbst. Wir verstehen vorzüglich diejenigen aufgerichteten Säulen oder andere im Grofsen ausgeführte Vorrichtungen darunter, durch deren Hülfe vermittelst des Sonnen-Schattens die Zeit des Mittags bestimmt wird.

Schon die Alten bedienten sich spitzer, auf horizontalem Boden stehender Säulen, um den Mittag zu bestimmen. Anaximander wandte einen solchen Gnomon an, um die Sonnenhöhe zur Zeit beider Solstitien zu messen [1]. Auch in Rom diente der unter Augustus aufgerichtete Obelisk, um den Mittag zu bestimmen [2].

Diese Gnomone, sie mögen nun sich in eine scharfe Spizze endigen, oder eine dünne verticale Stange oder eine Kugel tragen, geben die Zeit doch nicht sehr genau. Ist nämlich die auf der horizontalen Ebene gezogene Mittagslinie auch vollkommen richtig, so ist bei niedrigen Gnomonen das Fortrücken des Schattens so langsam, dafs man den Antritt an die Linie nicht bis auf eine Secunde genau anzugeben im Stande ist. Bei höheren Gnomonen macht der Halbschatten eine Unsicherheit, die desto gröfser wird, je entfernter der Schatten werfende Körper ist. Statt einer Schatten werfenden Säule bringt man noch lieber in bedeutender Höhe eine kleine Oeffnung in einer undurchsichtigen Platte an, und läfst so ein kleines Sonnenbild, am besten in ganz dunkelm Raume, auf den horizontalen Boden fallen, wo die Mittagslinie gezeichnet ist; aber auch hier macht der Halbschatten die Grenzen des Sonnenbildes undeutlich, und die Beobachtung wird daher ungenau, wenn man gleich durch eine sehr hoch angebrachte Oeffnung bewirken kann, dafs die Bewegung des Sonnenbildes auf dem Boden sehr schnell ist. Unter diesen Gnomonen zeichnet sich der im Jahre 1468 von Toscanelli in der Kathedrale zu Florenz angelegte durch seine Höhe aus, indem die Oeffnung, welche das Sonnenlicht einläfst, 277 Fufs über dem Boden liegt; nach Ximenes [3] konnte man an

1 Montucla histoire des math. I. 304. 553.

2 Plin. H. N. XXXVI. cap. 10.

3 Ximenes del vecchio e nuovo gnomone fiorentino. Firenze. 1757.

demselben den Mittag bis auf eine halbe Secunde genau bestimmen; aber dennoch war auch hier der Halbschatten nachtheilig, wenigstens dann, wenn man aus der Gröſse des Sonnenbildes den scheinbaren Durchmesser der Sonne bestimmen wollte [1]. Um dieser Unannehmlichkeit abzuhelfen, brachte Le Monnier an dem Gnomon zu St. Sulpice in Paris ein convexes Glas von 80 Fuſs Brennweite an, welches allerdings dann, wenn das Sonnenbild nahe am Brennpuncte aufgefangen wird, scharf begränzte Ränder giebt; aber bei ungleicher Mittagshöhe der Sonne liegt das Sonnenbild auf dem horizontalen Boden in sehr ungleichen Entfernungen, und ein convexes Glas kann also nur für gewisse Stellungen der Sonne dienen, nicht für alle.

Um die Unbequemlichkeit, daſs das Sonnenbild in den kürzesten Tagen so ungemein weit hinausrückt, zu vermeiden, pflegt man wohl am nördlichen Ende der horizontalen Mittagslinie eine verticale Säule zu errichten, auf welcher die Einschnittslinie der durch die Mittagslinie gesetzten Verticalebne bezeichnet ist; bei niedrigem Stande der Sonne im Mittage beobachtet man dann den Antritt des Sonnenbildes an diese Verticallinie.

Rommershausen hat eine Einrichtung vorgeschlagen, wobei das Sonnenbild immer auf einer verticalen Wand aufgefangen wird. Er bringt nämlich auſserhalb der Fensteröffnung einen, nur wenige Linien im Durchmesser haltenden Metallspiegel in unveränderlicher nicht viel von der horizontalen Stellung abweichender Lage an. Dieser wirft ein kleines Sonnenbild auf die gegenüber liegende verticale Wand des Zimmers, wo man also den Antritt an eine Mittagslinie beobachten, und allenfalls auch die Sonnenhöhe wahrnehmen kann [2]. Daſs auch dabei nur von ungefährer Beobachtung der Zeit und der Mittagshöhe die Rede seyn kann, ist leicht zu übersehen.

Da wo man das Bild der Sonne auf einer verticalen Wand auffangen will, ist es bequem, die durch die Mitte der runden Oeffnung gehende Mittagsfläche vermittelst eines herabhängenden Fadens zu bezeichnen. Zu einem solchen Filar-Gnomon (*gnomon filaris;* gnomon filair, méridienne fi-

1 De Zach Corr. astron. III. 269.

2 Kastner's Archiv. VI. 317.

laire) giebt Bohnenberger[1] folgende Einrichtung an. Man befestigt ein Messingblech ungefähr mit der Weltaxe parallel, senkrecht auf die Meridianebene oberhalb eines nach Süden gehenden Fensters. Diese Platte hat ein Loch, von 1 Lin. Durchmesser, an dessen oberem Theile eine Kerbe ist, die den oberhalb auf der Platte befestigten Metallfaden durchläſst. Der Faden geht im Zimmer nach der Richtung der Mittagslinie zu der gegenüber liegenden Wand hin, wo eine gegen den Meridian senkrechte Schraube befestigt ist, die in einer Kerbe den Metallfaden aufnimmt, welcher vertical herabhängend durch ein Gewicht gespannt wird. Der Faden wird nun (indem man die Stellung der Schraube, wenn es nöthig ist, ein wenig ändert) in die Mittagslinie gebracht, und hinter dem Faden eine weiſse Tafel aufgestellt, um das Vorübergehen des Sonnenbildes vor dem Verticalfaden zu beobachten. — Ob die Lage der Mittagslinie richtig ist, bestimmt man, indem man die durch correspondirende Sonnenhöhe gefundene Zeit mit derjenigen vergleicht, welche das antretende Sonnenbild als Zeit des wahren Mittags angiebt. *B.*

Gnomonik.

gnomonica; gnomonique; *Art of Dialing;* ist die Kunst, Sonnenuhren (*gnomones*; cadrans; *Dials*) zu verfertigen. Da man sich bei den Sonnenuhren allemal eines mit der Weltaxe parallelen Zeigers bedient, so ist die eigentliche Aufgabe der Gnomonik, die gerade Linie zu bestimmen, in welcher die verschiedenen um eine gegebene Anzahl Grade vom Meridiane entfernten und durch jenen Zeiger gelegten Ebenen in diejenige Ebene einschneide, auf welche die Sonnenuhr gezeichnet werden soll. Auch die Aufgabe, welche krumme Linie die Spitze des Schattens an jedem Tage oder bei jeder Declination der Sonne auf der Ebne der Sonnenuhr durchläuft, gehört in die Gnomonik.

Schon im Alterthume war die Gnomonik bekannt. Vitruvius[2] giebt mehrere Arten von Sonnenuhren an, deren Ein-

1 Anleitung zur geogr. Ortsbestimmung. S. 214.

2 Lib. IX. Cap. 9.

richtung genauer zu bestimmen, MONTUCLA sich bemüht hat[1]; indeſs bemerkt DELAMBRE, daſs eine neuerlich in Delos ausgegrabene Sonnenuhr uns eine richtigere Kenntniſs, als MONTUCLA sie geben konnte, von einer dieser Arten von Sonnenuhren verschafft[2]. In Rom ward die erste Sonnenuhr 263 J. vor Chr. von VALERIUS MESSALA aufgestellt, (nach PLINIUS; nach andern etwas früher von PAPIRIUS CURSOR); sie war aber für Catanea eingerichtet gewesen, u. entsprach daher ihrem Zwecke nicht, weshalb sie, jedoch erst viel später, verbessert wurde.

Nach der Wiederherstellung der Wissenschaften ist diese, ihrem Umfange nach sehr beschränkte Wissenschaft der Gegenstand vieler kleiner Schriften geworden[3], in deren neuesten man nähere Belehrung findet, als hier mitgetheilt werden kann[4].

B.

Gold.

Aurum; Or; *Gold*. Dieses Metall findet sich theils gediegen, theils mit Silber, Tellur und wenigen andern Metallen legirt. Es wird, wenn es in fremdartigen Erzen und Steinen fein vertheilt vorkommt, theils durch Blei, theils durch Quecksilber ausgezogen und zuletzt von dem es häufig in den Erzen begleitenden Silber getrennt.

Das Gold krystallisirt in Würfeln, Oktaedern, Dodekaedern, und andern zum regulären Systeme gehörenden Krystallen. Es hat nach dem Schmelzen ein spec. Gewicht von 19,2, nach dem Hämmern von 19,3 bis 19,4. Es ist der ductilste Kör-

1 MONTUCLA hist. d. Math. I. p. 716. Tab. XII. MARTINI von den Sonnenuhren der Alten. Leipz. 1778.

2 DELAMBRE Notice d'un cadran trouvé à Delos.

3 MONTUCLA führt Hist. I. p. 729. die meisten an. S. auch DE ZACH corr. astr. III. 61.

4 KÄSTNERS Anfangsgründe der angewandten Mathematik, im 2ten Theile. DUSEJOUR giebt eine analytische Darstellung der Probleme der Gnomonik in seinem traité analytique sur les mouvemens apparens des corps célestes. In BIOT's traité élémentaire d'astronomie physique. Seconde Edit. ist die Gnomonik im 3ten Theile unter den Additions abgehandelt. MOLLET Gnomonique analytique Lyon. 1812. MOLLET Gnomonique graphique Paris. 1815. HELFENZRIEDERS vollständ. Unterricht gute Sonnenuhren zu machen. Augsburg. 1790.

per, so dafs 1 Gran desselben eine Platte von 56,75 Quadratzoll Fläche (bei $\frac{1}{282000}$ Z. Dicke) liefert, oder einen Draht von 500 Fufs Länge. Das zusammenhängende Gold hat eine mit Metallglanz verbundene röthlich gelbe Farbe, das pulverige erscheint braun und matt; das Blattgold läfst das Licht mit grüner Farbe hindurchfallen, das pulverige, in einer Flüfsigkeit vertheilte, z. B. bei der Fällung verdünnten salzsauren Goldoxyds mittelst Eisenvitriols, mit blauer. Es schmilzt bei anfangender Weifsglühhitze schwieriger als Silber und Kupfer, und läfst sich nur in den höchsten Hitzgraden ein wenig verflüchtigen.

Die Oxyde des Goldes sind:

1 *Dunkelgrünes Oxyd* (198 Gold auf 8 S.) von selbst in Metall und braunschwarzes Oxyd zerfallend.

2 *Purpurrothes Oxyd*, welches sich beim Verbrennen des Goldes durch Elektricität oder hohe Temperatur erzeugt, den Glasflüssen eine rothe Farbe ertheilt und im *Goldpurpur des Cassius* mit Zinnoxyd verbunden vorkommt.

3 *Braunschwarzes Oxyd* (66 Gold auf 8 S.) Als ein solches löst sich das Gold in Salpetersalzsäure auf, und hinzugefügtes überschüssiges Kali fället dann einen Theil desselben. Dieses Oxyd zerfällt sowohl im Lichte, als beim Erhitzen in Gold und Sauerstoffgas. Es löst sich wenig in Schwefelsäure und Salpetersäure, leicht in Salzsäure, mit der es die gewöhnliche Goldauflösung bildet, die als saures salzsaures Goldoxyd zu betrachten ist. Diese ist gelb, giebt mit vielen Stoffen, wie Phosphor, Eisen, Kupfer, Eisenvitriol, Kleesäure, Kohle u. s. w. einen braunen Niederschlag von metallischem Golde, mit andern, wie Zinn und Papier, einen purpurrothen von rothem Goldoxyd. Sie liefert beim Abdampfen zuerst gelbe Säulen von saurem salzsaurem Goldoxyd, bei weiterem Erhitzen, unter Entwicklung von Wasser und von Salzsäure, rothbraunes *Chlorgold im Maximum* (in Wasser mit rothgelber Farbe zu neutralem salzsaurem Goldoxyd löslich) bei noch stärkerm Erhitzen unter Verlust von $\frac{2}{3}$ des Chlors gelblichweifses *Chlorgold im Minimum* (welches nicht mehr im Wasser löslich ist) und endlich unter Verlust sämmtlichen Chlors, metallisches Gold.

Indem man die gewöhnliche Goldauflösung mit Ammoniak sättigt, erhält man einen rothgelben Niederschlag von Goldoxyd-Ammoniak, oder Knallgold. Dieses verpufft durch Stofs oder Erhitzung, sofern sich dabei der Sauerstoff des Goldoxyds mit

dem Wasserstoff des Ammoniaks unter Feuerentwicklung verbindet, und den Stickstoff desselben, durch die Hitze bedeutend elastisch gemacht, in Gasgestalt in Freiheit setzt.

Das Gold ist ferner mit Jod, Cyan, Schwefelcyan, Phosphor und, jedoch nur sehr lose, mit Schwefel verbindbar.

Schon $\frac{1}{1920}$ Antimon, Wismuth oder Blei reicht hin, um dem Golde seine Dehnbarkeit zu nehmen, auch verliert das Gold schon durch geringe Mengen der weifs und grau gefärbten Metalle seine gelbe Farbe. Die Verbindungen des Goldes mit Eisen, Nickel, Kupfer und Silber sind bei allen Verhältnissen ductil, und letztere 2 sind wegen ihrer Härte vorzüglich in Gebrauch. Das Goldamalgama liefert Krystalle, in der Hitze schmelzbar, und dient zur heifsen Vergoldung.

G.

Gong-Gong.

Tam-Tam, chinesisch **Tschoung**; ist ein musikalisches Instrument der Chinesen aus Glockenspeise, von $\frac{1}{15}$ bis $\frac{1}{20}$ Z. Dicke, mit Spuren der Hammerschläge auf der Oberfläche und Bronzefarbig. Der Form nach gleicht es einem Dekkel oder einer baskischen Trommel, ist in der Mitte etwas herausgetrieben und mit etwas auswärts gebogenem Rande. Am auffallendsten bei demselben ist der aufserordentlich helle und starke Klang, wenn es mit einem Klöppel geschlagen wird, dessen Knopf mit Leder überzogen ist, und wahrscheinlich entsteht dieser theils durch die Form, theils durch die Härte des anscheinend nicht gegossenen, sondern mit dem Hammer getriebenen Metalles, welches als äufserst hell klingendes musikalisches Instrument aus China zu uns gekommen ist. Nach Klaproth [1] besteht es aus 78 Th. Kupfer und 22 Th. Zinn, oder nach Thomson [2] aus 80,427 Th. Kupfer und 19,573 Th. Zinn von dem merkwürdig grofsen spec. Gewichte [3] = 8,953. Da diese Metallmischung ausnehmend spröde ist, so mufs man annehmen, dafs die scheinbaren Spuren der Hammerschläge auf der Aufsenseite entweder durch die Form, worin dasselbe gegossen wurde,

1 Gehlen Journ. d. Chemie. IX. 409 Ann. de Chim. LXXV. 322.

2 Ann. of Phil. 1813. II. p. 208.

3 Vergl. oben *Specif. Gewicht der Mischungen.*

hervorgebracht sind, oder dafs dieses Metallgemisch bei einer gewissen, noch unbekannten Temperatur oder unter gewissen, bis jetzt noch nicht allgemeiner bekannten Bedingungen weniger spröde sey[1]. *M.*

Goniometer s. Krystall.

Grad.

gradus; degré; *degree*. Die Eintheilung in Grade kommt in der Physik, Astronomie, Geographie u. s. w. sehr oft vor. Am wichtigsten ist die Eintheilung des Kreises in Grade, indem wir gewohnt sind, einen jeden Kreisumfang in 360 Grade, den Grad in 60 Minuten, die Minute in 60 Secunden einzutheilen; selten setzt man diese Theilung noch auf Tertien, Quarten, Quinten fort. Ein solcher Grad ist = 0,0174532925 des Halbmessers, indem 57 Grade 17 Min. 44 Sec. 48 Tertien 22 Quarten 29 Quinten auf dem Umfange des Kreises dem Halbmesser beinahe genau gleich sind. Man bezeichnet die Grade mit °, die Minuten mit ′ und so weiter, so dafs obige Zahl so geschrieben würde: $57°, 17', 44'', 48''', 22^{\text{iv}}, 29^{\text{v}}$.

Diese Angabe der Gröfse nach Graden findet auch bei den Winkeln statt, zu deren Mafse die Kreisbogen dienen.

Es versteht sich nun von selbst, dafs alle Kreise, die der Astronom am Himmel oder auf der Erde sich denkt, eben so eingetheilt werden, und dafs die wahre Gröfse eines Grades von der Gröfse des Kreises, auf welchem er sich befindet, abhängt. Die besondern Anwendungen hievon kommen da vor, wo von Graden der Breite, Graden der Länge u. s. w. die Rede ist.

Die von den Franzosen während der Revolution eingeführte Eintheilung des Kreises ist zwar nicht sehr in Gebrauch gekommen, indefs findet sie sich doch in manchen Büchern angewandt, und sie mufs daher hier erwähnt werden. Nach dieser sollte der Quadrant in 100 Theile oder Grade getheilt werden, und die Theilung des Grades in 100 Minuten u. s. w. führte dann gleichmässig zu kleinern Theilen. Diese Decimaltheilung des Quadranten wurde mit den gewöhnlichen Bezeichnungen der Decimalbrüche auf den Quadranten zurückgeführt, und z. B.

1 Chladni in G. LVI. 104. Vergl. Journ. des Mines 1814. Aout.

statt 5 Grade 39 Min. 97 Sec. schreibt man $\overset{Q}{0},053997$. Die Zurückführung der einen Eintheilung auf die andre geschieht leicht, indem zum Beispiel 51 gewöhnl. Grade $= \frac{51}{90}$ des Quadranten $= \overset{Q}{0},56666\ldots\ldots$ sind, und man Minuten und Secunden nur ebenso auf den ganzen Quadranten zu beziehen braucht.

Auch in andern Fällen kommt die Eintheilung in Grade oft vor. Gewöhnlich ist durch gewisse Bestimmungen ein zwischen zwei festen Puncten eingeschlossener Raum gegeben, der in Grade getheilt wird, und da hängt zuweilen die Wahl der Anzahl von Graden von unserer Willkür ab, zuweilen ist sie durch die Natur der Sache auf irgend eine Weise gegeben. Auf diese Weise haben wir Grade des Thermometers oder der Wärme Grade des Hygrometers oder der Feuchtigkeit u. s. w. In diesen Fällen sind die Grade der Scale unter sich gleich. In andern Fällen könnten die Grade ungleich seyn, zum Beispiel, wenn wir die sehr ungleichförmige Ausdehnung des Wassers benutzen wollten, um ein Thermometer, das gleiche Grade der wahren Wärmeänderung anzeigte, zu erhalten.

Doch alle diese mannigfaltigen Anwendungen lassen sich am besten da, wo man ihrer bedarf, erläutern.

B.

Gravitation.

Gravitatio; Gravitas universalis; Gravitation; Pesanteur universelle; *Gravitation*. Die auf der Erde befindlichen Körper werden durch die Schwere gegen sie herabgezogen, und da die genauere Untersuchung der Bewegungen der Himmelskörper zeigt, daſs auch andere Weltkörper eben solche Wirkung ausüben, daſs die Erde von der Sonne angezogen wird, u. s. w. so hat man diese gegenseitige Einwirkung der Weltkörper auf einander *allgemeine Schwere*, *Gravitation* genannt.

Obgleich die Bemerkung, daſs die Gesetze für die Bewegungen der Himmelskörper aus der Gravitation derselben gegen einander hergeleitet werden können, erst von Newton zuerst aufgestellt und erwiesen ist, so war doch der Gedanke, daſs die Körper eine anziehende Kraft auf einander ausüben, auch frü-

her schon geäufsert worden[1]. Indefs kann man alle früheren, ziemlich oberflächlichen Hindeutungen hierauf als unbedeutend übergehen, und Kepler als den ersten angeben, welcher den Begriff der allgemeinen Schwere vollständiger festsetzte, und die Anwendung desselben, um die Gesetze der Bewegung aufzufinden, ahndete. Er sagt, die Schwere sey eine gegenseitige Affection verwandter Körper zur Vereinigung; zwei Körper würden, wenn nichts sie hinderte, gegen einander zu fortrücken, und jeder so weit als das Verhältnifs der Masse des andern fordre, vorrücken, so dafs, wenn nicht Erde und Mond in ihrer Bahn zurückgehalten würden, die Erde um $\frac{1}{54}$ gegen den Mond, der Mond um $\frac{53}{54}$ gegen die Erde zu sich bewegen würde[2]. Er schrieb dem Monde die Erregung der Fluth zu, und sagte, dafs der Mond das Wasser der Erde ganz an sich ziehen würde, wenn die Erde aufhörte es anzuziehen. Dafs er bei diesen richtigen Ansichten die Gesetze der Bewegung, wie sie der allgemeinen Schwere entsprechend seyn müssen, nicht weiter aufsuchte, läfst sich aus dem damals noch höchst unvollkommenen Zustande der mathematischen Wissenschaften erklären.

Nach Kepler haben zwar mehrere Physiker diesen Gedanken etwas weiter verfolgt[3], aber doch die Gesetze der Gravitation nicht mathematisch zu entwickeln gesucht. Selbst von Hook[4] ist dieses doch nicht geschehen, obgleich er mehrere sehr richtige Bemerkungen über diesen Gegenstand machte.

Newton entwickelte (nach Pemberton's Erzählung[5] schon im Jahre 1666 die Gesetze der allgemeinen Schwere genauer.

1 Vergl. Art. *Anziehung*. S. 324.

2 Si duo lapides in aliquo loco mundi collocarentur, propinqui invicem, extra orbem virtutis tertii cognati corporis; illi lapides coirent loco intermedio quilibet accedens ad alterum tanto intervallo quanta est alterius moles in comparatione. Astronomia nova *αἰτιαλογητος*, tradita commentariis de motu stellae martis; in der Einleitung.

3 Roberval in s. unter dem Titel: Aristarchi Samii de mundi systemate lib. sing. Paris. 1644; herausgegebenen Buche und Fermat, der nach Mersenne's Zeugnifs (Harmon. universalis II. p. 12.) die Bestimmung der Kraft, die auf einen innerhalb der Kugel liegenden Punct wirkt, schon richtig gefunden hat.

4 S. Art. *Anziehung*.

5 A view of Sir Isaac Newton's Philosophy. London 1728. in d. Vorrede.

Da die Schwere sich selbst in bedeutenden Entfernungen von der Erde wirksam zeigt, so schloſs er, daſs sie sich wohl bis zum Monde erstrecken könne, und daſs man, wenn die Erde den Mond in seiner Bahn erhalte, auch annehmen dürfe, daſs die Sonne die Planeten durch anziehende Kraft in ihren Bahnen erhalte. Die schon bekannten Gesetze für die Bewegungen der Planeten geben aber das Resultat, daſs die Schwungkräfte bei der Bewegung derselben den Quadraten der Abstände umgekehrt proportional sind, und daſs also die gegen den Mittelpunct wirkende Kraft ebenso bestimmt seyn müsse. Hieran schien sich die Folgerung zu schlieſsen, daſs der Mond, sechzigmal so weit, als die an der Oberfläche der Erde befindlichen Körper, vom Centro der Erde entfernt, durch eine Schwere, die $= \frac{1}{3600}$ der Schwere an der Erdoberfläche ist, zum Falle angetrieben werden müsse, und daſs er daher in 1 Minute eben den Raum fallend durchlaufen müsse, den ein auf der Oberfläche der Erde fallender Körper in 1 Sec. durchläuft, also $15\frac{1}{6}$ Fuſs. Es lieſs sich leicht übersehen, daſs diese Gröſse des Falles dem Quersinus des in einer Minute durchlaufenen Bogens, welcher beim Monde 32″ 56‴ beträgt, gleich seyn müsse, und es kam nun darauf an, die wahre Gröſse dieses Quersinus für den Halbmesser der Mondbahn zu berechnen. Hierbei aber legte Newton damals eine zu klein angenommene Gröſse des Erdhalbmessers = 3430 engl. Meilen, zum Grunde, und fand so diesen Quersinus nur $13\frac{1}{3}$ Fuſs, und dieses scheint die Veranlassung gewesen zu seyn, weshalb er die ganze Untersuchung liegen lieſs. Erst zehn Jahre später ward er durch Hook zu einer Untersuchung veranlaſst, die ihn zu jener Betrachtung zurückführte. Er wandte jetzt bei seiner Berechnung jenes Quersinus eine richtigere Angabe für die Gröſse der Erde an, und fand ihn jenen $15\frac{1}{6}$ Fuſs gleich, welche dem angenommenen Gesetze des Falles entsprechen. Newton stellte nun allgemeine Untersuchungen an, wie sich ein Körper bewegen müsse, der gegen einen Punct angezogen wird, und fand erstlich, daſs bei jedem Gesetze der mit der Entfernung veränderlichen Gröſse der Kraft, die um den anziehenden Punct beschriebenen Sectoren den Zeiten proportional sind, und zweitens, daſs die Bahnen nothwendig Ellipsen, Parabeln oder Hyperbeln sind, wenn die anziehende Kraft dem Quadrate der Entfernung umgekehrt proportional ist. Obgleich nun diese mit den *Kepler'schen Gesetzen* über-

einstimmenden Folgerungen höchst befriedigend waren und die Richtigkeit jener Hypothese einer allgemeinen Gravitation völlig bewiesen, so bedurfte es doch noch der wiederholten Aufforderungen HALLEY's und der Societät in London, um NEWTON zu dem Entschlusse zu bringen, diese wichtige Entdeckung umständlich bekannt zu machen.

Das Werk, worin NEWTON die hierher gehörenden Untersuchungen vollständig entwickelte, sind die berühmten *Principia philosophiae naturalis*, welche 1687 zuerst erschienen. Dieses Buch ist zwar ganz in geometrischer Darstellung geschrieben, aber man glaubt dennoch oft gewahr zu werden, dafs NEWTON durch seine grofsen Entdeckungen in der Analysis geleitet, die Theoreme analytisch gefunden haben mag, da er oft, um sie zu beweisen, sehr künstliche Constructionen anwendet, zu denen eine nicht so schwierige analytische Betrachtung den Weg zeigt. Er handelt im ersten Buche die allgemeinen Gesetze der Bewegung sehr vollständig ab, nachdem er eine Darstellung des *methodus rationum primarum et ultimarum* vorangeschickt hat; hier begnügt er sich in Beziehung auf Anziehung nicht, das wahre Gesetz der Gravitation allein zu betrachten, sondern er theilt auch Untersuchungen über die Kräfte mit, welche wirken müfsten, damit der angezogne Punct gegebene Curven durchlaufen könne, und über die Curven, welche er durchlaufen werde, wenn ein Gesetz der Kräfte gegeben ist; und diese Untersuchungen veranlafsten ihn, auch neue und elegant dargestellte geometrische Sätze, besonders die Kegelschnitte betreffend, mitzutheilen. Die Bewegung auf gegebenen krummen Flächen, die Bewegung der Pendel, die Bewegung der Apsiden einer wenig vom Kreise abweichenden Planetenbahn, die Bestimmung der Bewegung in dem Falle, wo drei Körper anziehend auf einander wirken, kommt gleichfalls hier vor; auch das Problem von der Attraction einer Kugel auf einen innerhalb oder aufserhalb liegenden Punct, (wovon nachher mehr gesagt werden soll), ist aufgelöst, und die Auflösung ähnlicher Probleme für andere Fälle angegeben. Endlich wird noch von der Bewegung kleiner Körper, die gegen jedes Theilchen grofser Körper angezogen werden, gehandelt, und die Anwendung auf die Brechung des Lichtes gezeigt. Das zweite Buch untersucht zuerst die Gesetze der Bewegung, wenn ein von der Geschwindigkeit abhängiger Widerstand statt findet,

und handelt dann die Lehren vom Gleichgewichte und der Bewegung flüssiger Körper ab. Hier kommt, unter andern schwierigen Problemen, die NEWTON mit dem gröfsten Scharfsinne auflöst, auch schon die Bestimmung der Geschwindigkeit des Schalles vor, zwar auf eine nicht so klare Weise, als das Uebrige, dargestellt, aber doch richtig gefunden. Das dritte Buch betrifft die Anwendung auf die im Sonnensysteme vorkommenden Bewegungen. Die gegenseitige Anziehung wird hier als den Massen direct und als den Quadraten der Entfernungen umgekehrt proportional vorausgesetzt, und daraus werden die einzelnen Bestimmungen hergeleitet. Namentlich werden die elliptischen Bewegungen der Planeten, die sphäroidische Gestalt der Erde, die Schwingungszeiten gleicher Pendel unter verschiedenen Breiten, das Rückgehen der Nachtgleichen, die Ungleichheiten in der Bewegung des Mondes, die Ebbe und Fluth, die Bewegung der Knoten der Mondbahn, die Figur des Mondes, genau bestimmt. NEWTON zeigt dann, wie man, nachdem die Bewegung der Kometen, als den Gesetzen der Gravitation folgend, angenommen sey, die wahre Bahn eines beobachteten Kometen finden könne. — Dieses mag hinreichen, um die Reichhaltigkeit dieses Buches, dessen Studium für alle Zeiten wichtig bleiben wird, anzudeuten, und einigermaſsen zu zeigen, welche Bewunderung der Mann verdient, der ein solches, fast auf jeder Seite Neues und Wichtiges lehrendes Buch zu schreiben im Stande war.

Nach NEWTON haben die Mathematiker und Physiker fast nichts weiter thun können, als seine Grundsätze auf die Erscheinungen anwenden, welche die Astronomie darbietet; und aus dieser vollkommener durchgeführten Anwendung sind die sehr genau mit den Beobachtungen übereinstimmenden Resultate hervorgegangen, welche unsere jetzigen astronomischen Rechnungen darbieten. Als Männer, die hierin vieles und etwas auf das Ganze gehendes geleistet haben, verdienen wohl vorzüglich HALLEY, MACLAURIN, EULER, (welcher freilich die allgemeine Schwere als eine *facultas occulta* nicht recht gelten lassen wollte, aber doch in seinen Rechnungen, sobald vom Grundprincip nicht mehr die Rede war, nach den Newton'schen Gesetzen rechnete,) D'ALEMBERT, CLAIRAUT, LAGRANGE, GAUSS, und vor allem LAPLACE genannt zu werden; der letztere deswegen vorzugsweise, weil er nicht bloſs, wie die übrigen, die

Anwendungen des Princips der allgemeinen Gravitation vermehrt, erweitert und berichtigt hat, sondern zugleich uns in seiner Mécanique céleste ein schönes Lehrgebäude alles dessen, was bis jetzt aus diesen Gesetzen der allgemeinen Schwere hergeleitet ist, gegeben hat. Sein in rein analytischer Darstellung ausgeführtes Werk wird wohl ohne Zweifel für alle Zeiten einen vorzüglichen Werth behalten. Diejenigen Mathematiker, die sich um einzelne Anwendungen Verdienste erworben haben, sollen da, wo von diesen Anwendungen die Rede ist, genannt werden.

Die Gesetze der allgemeinen Schwere haben sich bis jetzt als fast durchaus ausreichend zur Erklärung aller Erscheinungen gezeigt, welche die beobachtende Astronomie uns kennen lehrt. Die Bemerkung von Encke, daſs man vielleicht bei den Kometen auf einen Widerstand Rücksicht nehmen müsse, kann nicht als ein Einwurf hiergegen gelten; wohl aber kann es seyn, daſs das Gesetz, die Attraction sey der Masse proportional, noch eine Beschränkung leidet. Nach Newton's Ansicht hat die Beschaffenheit der Materie, woraus ein Körper besteht, keinen Einfluſs auf die Attraction, (die sich eben dadurch, wie Newton sagt, von der magnetischen Kraft unterscheidet) [1] und wir bestimmen daher das Verhältniſs der Massen der Planeten nach der Stärke der Attraction, welche sie auf einander ausüben; es könnte aber wohl seyn, daſs die Stärke der Einwirkung desselben Planeten auf einen zweiten, die Masse des erstern anders angäbe, als die Einwirkung eben desselben auf einen dritten sie giebt, und dann würden wir allerdings eine nicht bloſs von der Menge der materiellen Theilchen abhängende Gröſse der Attraction zugestehn müssen.

Ob die Anziehung in die Ferne eine Grundeigenschaft der Materie sey, untersuche ich hier nicht, da im Art. *Anziehung* [2] davon das Nöthige angeführt ist. Unter den auf andre Voraussetzungen geführten Erklärungen der Erscheinungen, daſs die schweren Körper gegen die Erde, die Planeten gegen die Sonne zu fallen ein Bestreben zeigen, hat die Hypothese des Descar-

1 Princ. ph. nat. Lib. III. Prop. 6. 7.

2 Th. I. S. 324.

TES[1] eine Zeit lang am meisten Beifall gefunden und ist von Huygens verbessert vorgetragen worden. Da sie gewifs nicht der Natur angemessen ist, so widme ich ihr nur einige Zeilen. Wenn eine flüssige Masse in Kreisbewegung gesetzt wird, und es befinden sich Theilchen in derselben, die dieser Bewegung nicht ganz so schnell folgen können, so gehen diese, wie von einer Centripetalkraft getrieben, gegen den Mittelpunct der Bewegung zu. Die schnellern Theilchen erhalten nämlich mehr Schwungkraft und drängen jene minder schnellen Theilchen gegen den Mittelpunct, um selbst den Platz derselben einzunehmen. Huygens erläuterte dieses durch ein Experiment, wo Wasser, in welchem sich schwerere Theilchen befanden, diese zwar mit fortrifs, so lange die schweren Theilchen sich noch ganz damit gemischt erhielten; aber sobald diese am Boden etwas von ihrer Geschwindigkeit verloren, fingen sie an, sich in der Mitte zu sammeln, als ob sie von einer Schwerkraft gegen die Mitte getrieben wurden. So ungefähr läfst sich also freilich aus Cartesianischen Wirbeln die Schwere und das Bestreben gegen den Mittelpunct erklären; aber dafs kein ähnlicher Versuch, welcher den Bewegungen der in ungleichen Zeiten um die Sonne gehenden Planeten gemäfs wäre, welcher den die Erde begleitenden Mond darstellte, u. s. w. möglich seyn würde, erhellt leicht[2].

Unter den neuern Physikern, welche die Gravitation durch die Bewegung einer feinen Materie erklären, hat Le Sage durch den Beifall, welchen de Lüc seinem Systeme schenkte, einige Celebrität erlangt. Le Sage nahm ein feines Fluidum an, welches von allen Puncten her nach allen Puncten zu strömt; indem ein Körper das Zuströmen dieser Materie von einer Seite aufhält, bringt der Stofs dieser Materie von der andern Seite den Anschein einer Anziehung hervor. de Lüc glaubt, diese Erklärung durch *bestimmte Ursachen* sey der Natur gemäfser, als wenn man den Körpern, *da, wo sie nicht sind*, Wirkungen bei-

1 Princip. philos. Lib. IV. propos. 19. sq. Nach seiner Meinung haben die singulae partes materiae coelestis eine Kraft, sich von der Erde zu entfernen; sie können aber ihre Wirkung nur zeigen, indem sie irdische Theilchen unter sich herabdrücken, und ihren Platz einnehmen.

2 Die hier anzuführenden Schriften können im Art. *Anziehung* nachgesehen werden.

lege. Daſs man aber hier eine unaufhörliche, von allen Puncten aus nach allen Puncten hin gehende Bewegung, ohne eine Ursache derselben anzugeben, voraussetzt, ist gewiſs eben so dunkel als jene Anziehungskraft selbst [1]. — Was neuere Schriftsteller, ALLIX und andere angegeben haben, führt eben so wenig zu einem bessern Systeme und verdient gar keiner Beachtung.

Entwickelung einiger aus der Theorie der allgemeinen Schwere flieſsender Lehrsätze.

1. Zuerst mag hier [2] die Berechnung stehn, welche die Ueberzeugung gewährt, daſs eben die Anziehungskraft, welche wir auf der Erde Kraft der Schwere nennen, auch auf den Mond wirkt.

Unter demjenigen Parallelkreise, wo das Quadrat des Sinus der Breite $= \frac{1}{3}$ ist, fallen die Körper in 1 Sec. durch 15,07443 Par. Fuſs, und man nimmt am besten diesen Punct, weil da die Attractionskraft der Erde an der Oberfläche sehr nahe der Masse der Erde, dividirt mit dem Quadrate des Abstandes vom Schwerpuncte, gleich ist: aber wegen der Rotation der Erde muſs man hier $\frac{1}{432}$ zulegen, weil die wahre Schwerkraft um $\frac{2}{3}$ der Centrifugalkraft oder um $\frac{2}{3} . \frac{1}{288}$ der Schwerkraft gröſser ist, als der beobachtete Fall der Körper sie anzeigt; der Fallraum auf der ruhenden Erde würde also hier seyn $= 15{,}10958$ Par. Fuſs. Ist es nun gegründet, daſs die Schwere nach dem umgekehrten Verhältnisse des Quadrats der Abstände vermindert, auf den Mond wirkt, so sollte, wenn x die Mondparallaxe ist, $x^2 . 15{,}10958$ die Fallhöhe des Mondes seyn. Diese ist jedoch aus zwei Gründen zu corrigiren. Sie ist nämlich erstlich in dem Verhältniſs gröſser, als die Summe der Masse von Erde und Mond gröſser, als die Masse der Erde ist, also im Verhältniſs 76 : 75 und sie ist zweitens um $\frac{1}{358}$ kleiner, weil die Einwirkung der Sonne um so viel im Mittel die Wirkung der Erde vermindert, so also wird die Fallhöhe des Mondes $= \frac{76}{75} . \frac{357}{358} x^2 \, 15{,}10958 = x^2 \, 15{,}26827$. Der Erdhalbmesser ist in jener geographischen Breite $= 19608190$

1 DE LÜC neue Ideen über Meteorologie, S. 109.

2 Nach den von LAPLACE gegebenen Zahlenbestimmungen, wo ich aber die Mondmasse $= \frac{1}{75}$ setze; vgl. Méc. cél. Liv. II. Chap. I.

Par. Fuſs, und der Abstand des Mondes $= \frac{19608190}{x}$, und da der Mond in 2360591,"4 um die Erde läuft, so ist sein Bogen $= \frac{2\pi \; 19608190}{x \; 2360591,4}$, und dessen Quersinus $= \frac{1}{2} \cdot \frac{4\pi^2}{(2360591,4)^2} \times \frac{19608190}{x} = \frac{0,000069458}{x}$. Dieses soll $= x^2 . 15,26827$, also $x^3 = \frac{0,000069458}{15,26827}$ seyn, also $x = 0,0165695 = 56' \; 57,''7$. So groſs müſste die Mondparallaxe seyn, wenn das Gesetz der Abnahme der Schwere und die Gröſse des Fallraums auf der Erde genau dem Fallraume des Mondes entsprechen sollte; aber die Beobachtungen geben für jenen Radius der Erde die Parallaxe $= 56' \; 55,''2$, welches so nahe mit jener Zahl übereinstimmt als man bei der doch immer noch nicht ganz absolut genauen Bestimmung des Werthes der hier zum Grunde gelegten Zahlen erwarten kann [1].

2. Die Frage, wie ein nach dem Gesetze der allgemeinen Schwere angezogener, gegen den anziehenden Mittelpunct frei fallender Körper sich bewegt, ist im Art. *Fall* [2] beantwortet. Die verwandte Frage, wie ein zwischen zwei anziehenden Puncten befindlicher Punct sich gegen den stärker anziehenden zu bewegt, läſst sich auch leicht auflösen. Es sey der Abstand zweier anziehender Puncte von einander $= a$, der Abstand des angezogenen Körpers von dem ersten $= s$, die Masse des ersten $= M'$, des zweiten $= M''$. Ist nun für den zweiten in der Entfernung $= R$ die Gröſse des Fallraumes in 1 Sec. $= g$, so ist die Kraft, welche den von jenem gegen diesen fortgehenden Körper beschleunigt $= \frac{R^2}{(a-s)^2} - \frac{R^2}{M''} \frac{M'}{s^2}$, wenn die anziehende Kraft des zweiten in der Entfernung $R = 1$ gesetzt wird. Es ist also, wenn der Körper sich gegen den zweiten anziehenden Punct zu bewegt,

$$dv = 2g \, R^2 \, dt \left\{ \frac{1}{(a-s)^2} - \frac{M'}{M'' \, s^2} \right\}$$

1 Laplace nimmt die Masse des Mondes $= \frac{1}{58,7}$ und erhält dann 56' 53",7, so daſs da fast eben so viel zu wenig, als hier zu viel heraus kömmt.

2 S. 10.

$$2vdv = 4gR^2 ds \left\{ \frac{1}{(a-s)^2} - \frac{M'}{M'' s^2} \right\}$$

$$v^2 = Const + 4gR^2 \left\{ \frac{1}{a-s} + \frac{M'}{M'' s} \right\}$$

oder wenn $v = c$ war für $s = b$,

$$v^2 - c^2 = 4gR^2 \left\{ \frac{s-b}{(a-b)(a-s)} - \frac{(s-b)M'}{M'' bs} \right\}.$$

Der Werth von dv zeigt, dafs da, wo $\frac{s}{a-s} = \sqrt{\frac{M'}{M''}}$ ist, gar keine Beschleunigung statt findet, und man kann daher fragen, wie grofs mufs c seyn, damit an dieser Stelle $v = 0$ werde. Die Gleichung $v^2 - c^2$ giebt, dafs dann

$$c^2 = 4gR^2 (s-b) \left\{ \frac{M'}{M'' bs} - \frac{1}{(a-b)(a-s)} \right\}$$

in

$$c^2 = 4gR^2 \frac{(s-b)}{a-s} \left\{ \frac{1}{b} \sqrt{\frac{M'}{M''}} - \frac{1}{a-b} \right\}$$

übergeht.

Wenn ein Körper von der Oberfläche des Mondes gerade gegen die Erde geworfen würde, so wäre b der Halbmesser des Mondes, nahe genug $b = \frac{1}{210} a$, wenn a der Abstand des Mondes von der Erde ist; M' könnte nahe genug um bequem die Wurzel auszuziehen, $= \frac{1}{64} M''$ gesetzt werden, und für jenen Punct gleicher vorwärts und zurückzuziehender Kraft wäre

$$s = (a-s) \sqrt{\frac{1}{64}} = \frac{a-s}{8},$$

und $s = \frac{1}{9} a$, also

$$c^2 = 4gR^2 \frac{201}{8.210\,a} \left\{ \frac{210}{8} - \frac{210}{209} \right\}$$

$$c^2 = 4gR^2 \frac{201}{8} \frac{201}{8.209\,a}$$

$$c = R \frac{201}{8} \sqrt{\frac{4g}{209\,a}} =$$

also wenn $g = 15$; $a = 60\,R = 60{,}19614600$ ist, so wäre c $= \frac{201}{8}$ R. 0,000015618 = 0,0003924 R = 7696 Fufs. Mit dieser Geschwindigkeit müfste auf dem ruhenden Monde ein Körper geworfen werden, um jenen Punct zu erreichen, und

wenn seine Geschwindigkeit gröfser wäre, so würde er nicht mehr zum Monde zurückfallen, sondern auf die Erde gelangen. Diese Geschwindigkeit ergiebt sich etwas anders, wenn der Mond in der Erdnähe, als wenn er in der Erdferne ist, und jene Bestimmungen sind also genügend, wenn gleich die Massen und Entfernungen, der Bequemlichkeit der Rechnung wegen, nur in ganzen Zahlen angenommen sind. Eine Gleichung zwischen s und t zu suchen, wäre ohne Nutzen, da uns der Fall, eine solche Bewegung zu berechnen, nicht leicht vorkommt, und die Frage, ob allenfalls ein Körper vom Monde zu uns herübergeworfen werden könne, (die einzige, zu deren Beantwortung man dieses Problem angewandt hat) aus dem Vorigen beantwortet werden kann. Indefs ist bei dieser Frage noch zu beachten, dafs Mond und Erde nicht im Weltraume ruhn, und jener vom Monde ab geworfene Körper also schon die Bewegung besitzt, mit welcher der Mond um die Erde läuft; ein Umstand, welcher die Berechnung der Bewegung eines vom Monde gegen die Erde geworfenen Körpers ungemein erschwert.

3. Die allgemeine Frage, wie ein Körper sich bewege, wenn zwei anziehende Kräfte von verschiedenen Mittelpuncten her auf ihn wirken, bietet sehr viele Schwierigkeiten dar. Um hier die Differentialformeln nur für einen leichtern Fall anzugeben, liege die Richtung der Bewegung in eben der Ebene, in welcher die drei Puncte sich befinden, und x, y, mögen des bewegten Punctes, x', y'; x'', y'', der anziehenden Puncte Coordinaten seyn; dann übt die erste Masse $= m'$ auf die Masse m, eine durch $\frac{m'}{(x'-x)^2+(y'-y)^2}$ ausgedrückte Anziehung aus, wo nämlich der Nenner das Quadrat des Abstandes beider Puncte von einander ist; und diese Anziehung giebt mit x parallel

$$\frac{m'(x'-x)}{\sqrt{[(x'-x)^2+(y'-y)^2]^3}}$$

mit y parallel $$\frac{m'(y'-y)}{\sqrt{[(x'-x)^2+(y'-y)^2]^3}}$$

und diese beiden Ausdrücke lassen sich in

$$\frac{1}{m}\left(\frac{d\lambda'}{dx}\right) \text{ und } \frac{1}{m}\left(\frac{d\lambda'}{dy}\right)$$

umgestalten, wenn $\lambda' = \frac{m\,m'}{\sqrt{[(x'-x)^2+(y'-y)^2]}}$

ist. Auf eine ähnliche Weise erhielte man, wenn

$\lambda'' = \frac{m.\,m''}{r\,[(x''-x)^2+(y''-y)^2]}$ ist, die Wirkungen, die aus der Anziehung des zweiten Punctes entspringen

$$= \frac{1}{m}\left(\frac{d\,\lambda''}{d\,x}\right), \text{ und } = \frac{1}{m}\left(\frac{d\,\lambda''}{d\,y}\right).$$

Die Wirkungen der Körper m', m'' auf einander lassen sich eben so durch eine ähnliche Gröſse λ''' ausdrücken. Versteht man jetzt unter λ die Summe der vorhin durch λ', λ'', λ''' angedeuteten Gröſse, so ist

$$\lambda = \frac{m\,m'}{r\,[(x'-x)^2+(y'-y)^2]} + \frac{m\,m''}{r\,[(x''-x)^2+(y''-y)^2]} + \frac{m'\,m''}{r\,[(x''-x')^2+(y''-y')^2]};$$

$$\text{und } \left(\frac{d\,\lambda}{d\,x}\right) = \frac{m\,m'\,(x'-x)}{[(x'-x)^2+(y'-y)^2]^{\frac{3}{2}}} + \frac{m\,m''\,(x''-x)}{[(x''-x)^2+(y''-y)^2]^{\frac{3}{2}}} + \frac{m'\,m''\,(x''-x')}{[(x''-x'^2+(y''-y')^2]^{\frac{3}{2}}}$$

Nach den Bewegungsgesetzen läſst sich nun leicht übersehen, daſs $\frac{d\,x}{d\,t}$ die nach der Richtung der x zerlegte Geschwindigkeit des Körpers m, und $\frac{d^2\,x}{d\,t}$ die Zunahme dieser Geschwindigkeit ist; diese aber ist $= \frac{1}{m}\left(\frac{d\,\lambda}{d\,x}\right) d\,t$, nämlich der beschleunigenden Kraft und dem Differentiale der Zeit proportional. So erhält man also für den einen Körper

$$m\,\frac{d^2\,x}{d\,t^2} = \left(\frac{d\,\lambda}{d\,x}\right); \text{ und } m\,\frac{d^2\,y}{d\,t^2} = \left(\frac{d\,\lambda}{d\,y}\right);$$

und da auch die anziehenden Körper eben so gut beweglich sind, so werden auch sie zur Bewegung angetrieben, wo dann

$$m'\,\frac{d^2\,x'}{d\,t^2} = \left(\frac{d\,\lambda}{d\,x'}\right); \; m'\,\frac{d^2\,y'}{d\,t^2} = \left(\frac{d\,\lambda}{d\,y'}\right),$$

$$m''\,\frac{d^2\,x''}{d\,t^2} = \left(\frac{d\,\lambda}{d\,x''}\right); \; m''\,\frac{d^2\,y''}{d\,t^2} = \left(\frac{d\,\lambda}{d\,y''}\right).$$

Laplace leitet hieraus folgende weitere Bestimmungen ab: da die Summe $\left(\frac{d\,\lambda}{d\,x}\right) + \left(\frac{d\,\lambda}{d\,x'}\right) + \left(\frac{d\,\lambda}{d\,x''}\right) = 0$ ist, wovon man sich beim Differentiiren sogleich überzeugt, so ist

$$m\,d^2x + m'\,d^2x' + m''\,d^2x'' = 0,$$

und eben so $m\,d^2y + m'\,d^2y' + m''\,d^2y'' = 0$,
diese beiden Gleichungen enthalten das Theorem, daſs der Schwerpunct der drei Körper durch die gegenseitige Anziehung keine Aenderung seiner Bewegung leidet, sondern sich gleichförmig und nach gerader Richtung fortbewegt. Es ist nämlich bekannt, daſs die Gleichungen für beide Coordinaten des Schwerpunctes sind,

$$\frac{m x + m' x' + m'' x''}{m + m' + m''} = X,$$

$$\frac{m y + m' y' + m'' y''}{m + m' + m''} = Y;$$

da nun jene beiden Gleichungen geben

$$\frac{d^2 X}{d t} = 0;\ \frac{d^2 Y}{d t} = 0,$$

so ist $\frac{d X}{d t} = \text{Const}$, $\frac{d Y}{d t} = \text{Const}$, also die Geschwindigkeit und Richtung des Schwerpunctes unveränderlich.

Die Gleichungen $\frac{d^2 x}{d t^2} = \left(\frac{d\lambda}{dx}\right)$, jede mit dem zugehörigen $-y$ multiplicirt, und die Gleichungen $\frac{d^2 y}{d t^2} = \left(\frac{d\lambda}{dy}\right)$ jede mit dem zugehörigen $+x$ mult. und alle addirt, geben

$$0 = \frac{m\,(x\,d^2y - y\,d^2x)}{d t^2} + \frac{m'\,(x'\,d^2y' - y'\,d^2x')}{d t^2} + \frac{m''\,(x''\,d^2y'' - y''\,d^2x'')}{d t^2}$$

$$+ y\left(\frac{d\lambda}{dx}\right) + y'\left(\frac{d\lambda}{dx'}\right) + y''\left(\frac{d\lambda}{dx''}\right),$$

$$- x\left(\frac{d\lambda}{dy}\right) - x'\left(\frac{d\lambda}{dy'}\right) - x''\left(\frac{d\lambda}{dy''}\right)$$

und da aus dem Werthe von λ leicht folgt, daſs

$$y\left(\frac{d\lambda}{dy}\right) + y'\left(\frac{d\lambda}{dx'}\right) + y''\left(\frac{d\lambda}{dx''}\right)$$

$$= x\left(\frac{d\lambda}{dx}\right) + x'\left(\frac{d\lambda}{dy}\right) + x''\left(\frac{d\lambda}{dy''}\right),$$

so ist: $$0 = \frac{m\,(x\,d^2y - y\,d^2x)}{d t^2} + \frac{m'\,(x'\,d^2y' - y'\,d^2x')}{d t^2} + \frac{m''\,(x''\,d^2y'' - y''\,d^2x'')}{d t^2};$$

oder das Integral

$$\text{Const} = \frac{m\,(x\,dy - y\,dx)}{dt} + \frac{m'\,(x'\,dy' - y'\,dx')}{dt} + \frac{m''\,(x''\,dy'' - y''\,dx'')}{dt};$$

das heiſst, wenn man die Winkelfläche, welche der vom Anfangspuncte der Coordinaten nach dem Puncte m gezogne Radius Vector in der Zeit dt beschreibt, mit m multiplicirt und eben so auch für die übrigen Puncte verfährt, so ist die Summe aller dieser Producte der Zeit dt proportional; also in einer gröſsern Zeit ist diese Summe der Zeit proportional[1]. — Hierbei ist der Anfangspunct der Coordinaten willkürlich, und wenn man einen der anziehenden Puncte selbst als Anfangspunct annähme, so fände man in jedem Zeittheilchen die Summen in Beziehung auf ihn der Zeit proportional.

Endlich läſst sich noch ein Integral aus den obigen Gleichungen erhalten, indem

$$m\,\frac{d^2x}{dt^2} = \left(\frac{d\lambda}{dx}\right);\ m\,\frac{d^2y}{dt^2} = \left(\frac{d\lambda}{dy}\right)$$

war, also

$$m\,\frac{dx\,d^2x}{dt^2} + \frac{m\,dy\,d^2y}{dt^2} = dx\left(\frac{d\lambda}{dx}\right) + dy\left(\frac{d\lambda}{dy}\right);$$

$$m'\,\frac{dx'\,d^2x'}{dt^2} + \frac{m'\,dy'\,d^2y'}{dt^2} = dx'\left(\frac{d\lambda}{dx'}\right) + dy'\left(\frac{d\lambda}{dy'}\right);$$

$$m''\,\frac{dx''\,d^2x''}{dt^2} + m''\,\frac{dy''\,d^2y''}{dt^2} = dx''\left(\frac{d\lambda}{dx''}\right) + dy''\left(\frac{d\lambda}{dy''}\right);$$

die Summe der letzten Theile dieser Gleichungen ist $= d\lambda$, und die ersteren geben integrirt

$$\tfrac{1}{2}\,m\left(\frac{dx^2 + dy^2}{dt^2}\right) + \tfrac{1}{2}\,m'\left(\frac{dx'^2 + dy'^2}{dt^2}\right) + \tfrac{1}{2}\,m''\left(\frac{dx''^2 + dy''^2}{dt^2}\right)$$

welches also $= \lambda +$ Const. ist. Das hierin enthaltene Gesetz der

1 Daſs $x\,dy - y\,dx$ gleich dem doppelt genommenen Differentiale der Winkelfläche ist, erhellt so: Es sey $AB = x$, $BC = y$, $BD = dx$, $EF = dy$, so ist die Fläche $CAF = ABC + BCED + CEF - FAD = xy + y\,dx + \tfrac{1}{2}\,dx\,dy - \tfrac{1}{2}\,(x + dx)\,(y + dy)$ oder mit Weglassung der Glieder zweiter Ordnung $= \tfrac{1}{2}\,(y\,dx - x\,dy)$. Fig. 233.

lebendigen Kräfte drückt LAPLACE so aus [1]: die Summe der lebendigen Kräfte, das ist der Producte aus dem Quadrate der Geschwindigkeit jedes Punctes in seine Masse, ist erstlich unveränderlich, wenn keine anziehende Kräfte auf das System von Puncten wirken, oder $\lambda = 0$ ist, und zweitens ist die Summe der Vermehrungen der lebendigen Kräfte, wenn anziehende Kräfte wirken, gleich groſs, was auch immer für krumme Linien jeder dieser Körper beschrieben haben mag, wofern nur ihre Abgangs- und Ankunftspuncte dieselben sind. —

Daſs hier erstlich $\frac{dx^2 + dy^2}{dt^2}$ gleich dem Quadrate der Geschwindigkeit der Masse m sey, ist klar genug, uud zweitens muſs ja das Integral so genommen werden, daſs es verschwindet, wenn wir die Körper alle in die Puncte, wo wir ihre Bewegung zu betrachten anfangen, (ihre Abgangspuncte) versetzen, und daſs es seinen vollen Werth erhält, wenn wir die Körper alle in die Puncte, wo sie am Ende der zu betrachtenden Bewegung ankommen, (die Ankunftspuncte) versetzen; und indem L und L' diese Werthe von λ bezeichnen, so hängt offenbar der ganze Werth jener Summe von Producten gar nicht von denjenigen Werthen ab, welche λ zwischen jenen Endpuncten erreichen mag, oder nicht von den Curven, welche irgend einer der Körper zwischen jenen Puncten durchläuft.

Diese Betrachtung der gegenseitigen Anziehung dreier Körper wird in unserm Sonnensysteme dadurch sehr erleichtert, daſs die Einwirkung *eines* Hauptkörpers so vorwaltend ist, daſs man die Hauptumstände der Bewegung der von ihm angezognen Körper bestimmen kann, ohne auf die übrigen schwach einwirkenden Körper Rücksicht zu nehmen, indem die Einwirkung dieser nur kleine Correctionen hervorbringt. Giebt es solche Systeme wie die Systeme der Doppelsterne zu seyn scheinen [2], in welchen drei ziemlich gleiche Körper sich anziehen, so würde da die allgemeine Betrachtung durchgeführt werden müssen, um die Gesetze der Bewegung eines jeden Körpers dieses Systemes zu bestimmen, und HERSCHEL's Folgerungen möchten wohl dazu nicht ausreichen.

In jenen Gleichungen ist aber auch der leichtere Fall, wenn

1 Méc. cél. Livre I. §. 19.

2 HERSCHEL's Schriften. 1 Th. S. 183.

nur zwei einander anziehende Körper da sind, mit enthalten. Ist nämlich $m'' = 0$, so sollte

$$c = \frac{m(x\,dy - y\,dx)}{dt} + \frac{m'(x'dy' - y'dx')}{dt}$$

seyn, und wenn man hier die Coordinaten von der jedesmaligen Lage des einen anziehenden Punctes rechnet, so als ob dieser ein fester Punct wäre, so würde $dx' = dy' = 0$, und $\frac{c\,dt}{m} = x\,dy - y\,dx$, gleich dem doppelten um jenen festen Punct beschriebenen Sector in der Zeit dt. Statt $\frac{c}{m}$ will ich C^2 setzen. Aber statt den einen anziehenden Punct als ruhend anzusehen, ist es genauer, den Schwerpunct beider als ruhend anzunehmen. und von ihm an die Coordinaten zu rechnen. Will man das thun, so muſs $X = \frac{mx + m'x'}{m + m'} = 0$,

$$Y = \frac{my + m'y'}{m + m'} = 0, \text{ seyn,}$$

$$\text{also } x' = -\frac{m}{m'}x; \quad y' = -\frac{m}{m'}y$$

$$\text{und } m'(x'dy' - y'dx') = \frac{m^2}{m'}(x\,dy - y\,dx),$$

$$\text{also } \frac{c}{m}\,dt = \frac{m' + m}{m'}(x\,dy - y\,dx),$$

also die um den Schwerpunct beschriebene doppelte Sectorfläche $= \frac{m'}{m' + m}$ derjenigen Fläche, die um den einen Punct beschrieben würde, wenn man die Masse des andern Punctes oder Körpers als $= 0$ ansähe.

Wenn wir diese anzubringende Correction, die für die Kleinheit der Planetenmassen unbedeutend ist, uns für die Folge bemerken, so reicht es hin, die Bewegungen so zu bestimmen, als ob x' und y' immer $= 0$ wären und x, y, von dem mächtig anziehende Puncte an gerechnet würden. Dann ist zugleich $C^2 dt = x\,dy - y\,dx$ und $\lambda + \text{Const} = \frac{m\,m'}{\gamma\sqrt{(x^2 + y^2)}} + \text{Const}$ $= \frac{1}{2}\,\frac{m(dx^2 + dy^2)}{dt^2}$. Es sey $\frac{\text{Const}}{m} = D$; $x^2 + y^2 = \varrho^2$ $x = \varrho\,\text{Cos.}\,\varphi$; $y = \varrho\,\text{Sin.}\,\varphi$; $dx^2 + dy^2 = d\varrho^2 + \varrho^2 d\varphi^2$, also

$$m' dt^2 + D dt^2 \varrho = \tfrac{1}{2}\varrho (d\varrho^2 + \varrho^2 d\varphi^2),$$

aber dt war $= \frac{x dy - y dx}{C^2}, = \frac{\varrho^2 d\varphi}{C^2},$

also $\frac{m' \varrho^3 d\varphi^2}{C^4} + \frac{D \varrho^4 d\varphi^2}{C^4} = \tfrac{1}{2} d\varrho^2 + \tfrac{1}{2}\varrho^2 d\varphi^2$

oder $d\varphi = \frac{C^2 d\varrho}{\varrho \sqrt{[-C^4 + 2m'\varrho + 2D\varrho^2]}}$.

Diese Gleichung ist völlig übereinstimmend mit der im Artikel *Centralkräfte*[1] gefunden, und die Bahn ein Kegelschnitt, dessen Parameter $= \frac{2C^4}{m'}$ und halbe Axe $= \frac{m'}{2D}$ ist. Hier ist D negativ (und wie die Vergleichung mit dem Artikel *Centralkräfte* zeigt, die Curve eine Ellipse) wenn die Geschwindigkeit des bewegten Körpers kleiner, als $\sqrt{\frac{2m'}{\varrho}}$, ist; — doch die weiteren Erörterungen darüber sind schon an dem angeführten Orte gegeben.

4. Ein anderes von der Theorie der Gravitation abhängendes Problem ist die Bestimmung der von einem ganzen Körper ausgeübten Attraction, wenn die Gestalt derselben gegeben ist. Ich will mich hier auf die Bestimmung der Attraction einer Kugel und eines Ellipsoides beschränken, da nur dieser Fall Anwendung im Sonnensysteme findet.

Wenn im Allgemeinen des angezogenen Punctes Coordinaten a, b, c sind, die Coordinaten eines anziehenden Theilchens aber x, y, z, und dieses Theilchens Masse $= dM = dx\, dy\, dz$, so wird die von diesem Theilchen ausgeübte gesammte Attraction durch $\frac{dx\, dy\, dz}{(x-a)^2 + (y-b)^2 + (z-c)^2}$ ausgedrückt. Um zuerst den leichtesten Fall zu betrachten, sey eine Kugelschicht vom Halbmesser $= r$ und der Dicke $= dr$ der anziehende Körper. Der angezogene Punct liegt hier allemal auf einem Radius der Kugel oder auf dessen Verlängerung, und diesen Radius will ich als Axe der Kugel, den darauf senkrechten gröſsten Kreis als Aequator ansehen, um die Lage des anziehenden Theilchens dM durch seine Breite $= 90° - \vartheta$ und Länge $= \eta$ anzugeben: dann ist offenbar das Differential der Kugelfläche $= r^2 d\vartheta . \text{Sin.}\, \vartheta . d\eta$.

1 S. Th. II. S. 71.

und $dM = r^2 d\vartheta . d\eta . dr. \text{Sin.} \vartheta$. Der Abstand dieses Theilchens vom angezognen Puncte ist $= \sqrt{(r^2 - 2ar \text{Cos.} \vartheta + a^2)}$, und die ganze Attraction dieses Theilchens auf den angezogenen Punct $= \frac{r^2 d\vartheta . d\eta . dr. \text{Sin} \vartheta}{(r^2 - 2ar \text{Cos} \vartheta + a^2)}$.

Es ist aber offenbar, dafs die auf jene Axe senkrechte Attraction sich, wenn man sie für die ganze Kugel sucht, zerstört, und daher nur die mit der Axe parallele Attraction in Betrachtung kommt; diese wird gefunden, wenn man jene Attraction mit dem Cosinus desjenigen Winkels multiplicirt, welchen die zwischen dem anziehenden und angezognen Puncte gezogne Linie mit der Axe macht, und dieser Cosinus ist

$$= + \frac{a - r \text{Cos.} \vartheta}{\sqrt{(r^2 - 2ar \text{Cos.} \vartheta . + a^2)}},$$

also jene zerlegte Attraction

$$= + \frac{(a - r \text{Cos.} \vartheta) r^2 d\vartheta d\eta dr \text{Sin.} \vartheta}{\sqrt{(r^2 - 2ar \text{Cos.} \vartheta + a^2)^3}}.$$

Wenn man diese Gleichung zuerst in Beziehung auf η integrirt, und dieses Integral von $\eta = 0$ bis $\eta = 2\pi$ oder für den ganzen Umfang des Parallelkreises nimmt, so ist das Integral

$$= \frac{2 r^2 \pi dr. (a - r \text{Cos.} \vartheta) d\vartheta \text{Sin.} \vartheta}{\sqrt{(r^2 - 2ar \text{Cos.} \vartheta + a^2)^3}}.$$

Dieser Ausdruck bleibt immer positiv, (da ϑ immer $< 180°$ ist) wenn a gröfser als r ist, statt dafs er vom Positiven ins Negative übergeht für verschiedene Werthe von ϑ, wenn $a < r$ ist, oder der angezogne Punct innerhalb der Kugelschicht liegt. Um in Beziehung auf ϑ zu integriren, sey $r^2 - 2 ar \text{Cos} \vartheta + a^2 = v^2$, $+ ar \text{Sin.} \vartheta d\vartheta = v dv$; $a - r \text{Cos.} \vartheta = \frac{a^2 - r^2 + v^2}{2a}$, also jene Formel $= \frac{r}{a^2} \pi dr. \left(\frac{a^2 - r^2}{v^2} + 1\right) dv$ wovon das Integral $=$ Const $+ \frac{r \pi dr}{a^2} \left(v - \frac{a^2 - r^2}{v}\right)$ ist. Soll dieses verschwinden mit $\vartheta = 0$ oder $v = r - a$, für den *innerhalb* liegenden Punct, so ist die Constans $= - \frac{2 r^2 \pi dr}{a^2}$, und da es für die ganze Kugel also bis $\text{Cos.} \vartheta = -1$, $v = a + r$, genommen werden soll, so ist es $= 0$, für den innerhalb der Kugel liegenden Punct, und es ergiebt sich das schon von Newton gefunde-

ne Theorem, dafs die ganze Kugelschale auf den innerhalb liegenden Punct gar keine Attraction ausübt.

Wenn der Punct aufserhalb liegt, so mufs wieder das Integral von $\vartheta = 0$ bis $\vartheta = 180°$ genommen werden, das heifst aber nun von $v = a - r$ bis $v = a + r$, die Constans wird $= + \frac{2 r^2 \pi d r}{a^2}$, und der volle Werth des Integrals $= \frac{2 r^2 \pi d r}{a^2} + \frac{2 r^2 \pi d r}{a^2} = \frac{4 r^2 \pi d r}{a^2}$. Da der Inhalt der Kugelschale $= 4 r^2 \pi d r$ ist $= M$, so übt sie die Attraction $= \frac{M}{a^2}$ aus, eben so grofs, als wenn die ganze Masse der Kugelschicht in ihrem Mittelpuncte vereinigt wäre.

Ist es nicht eine Kugelschicht allein, sondern eine ganze Kugel, welche anziehend wirkt, so sind erstlich für den innerhalb liegenden Punct alle ihn aufsen umgebenden Kugelschichten unwirksam, die innerhalb liegenden üben eine Wirkung $= \int \frac{4 r^2 \pi d r}{a^2} = \frac{4}{3} a \pi$ aus, indem nämlich das Integral hier von $r = 0$ bis $r = a$ gunommen werden mufs; zweitens für einen aufserhalb liegenden Punct ist die ganze Attraction $= \frac{4 r^3 \pi}{3 a^2}$, eben so grofs, als wenn die ganze Masse der Kugel im Mittelpuncte vereinigt wäre.

So lange also der angezogne Punct sich aufserhalb der Kugel befindet, ist die von der Kugel auf ihn ausgeübte Attraction dem Quadrate seines Abstandes vom Mittelpuncte umgekehrt proportional; befindet er sich aber innerhalb der Kugel, so leidet er eine, dem Abstande vom Centro direct proportionale Anziehung.

Diese Theoreme hatte schon NEWTON [1] gefunden, und durch elegante synthetische Beweise begründet; er hatte auch schon [2] einige die Attraction des Sphäroids betreffende Theoreme gefunden, an welche MAC-LAURIN [3] die Entdeckung mehrerer Theoreme anschlofs. Später hat diese Untersuchung, auf

1 Princip. phil. Lib. I. Sect. 12.

2 ibid. Sect. 13 Propos. 91. Cor. 2. 3.

3 De causa fluxus et refluxus maris in d. Recueil des pièces, qui ont remporté les prix de l'acad. roy. Tome 4.

das Ellipsoid angewandt, die gröfsten Analytiker, LAGRANGE[1], LEGENDRE[2], LAPLACE[3], IVORY[4], POISSON[5], beschäftigt. Am einfachsten aber hat GAUSS diesen Gegenstand behandelt, dessen Darstellung ich, so weit sie für die Bestimmung der Attraction eines homogenen Ellipsoids nöthig ist, hier, nebst einigen Erläuterungen, mittheilen will[6].

Wenn ein Körper durch eine, nicht ins Unendliche hinausgehende Oberfläche umschlossen ist, so wird bekanntlich diese Oberfläche von jeder unbegrenzt fortlaufenden geraden Linie in zwei, oder vier oder sechs Puncte u. s. w. geschnitten. Wenn man sich also jeden Punct der Oberfläche durch Coordinaten x, y, z, bestimmt denkt, und auf der mit y, z parallel gelegten Ebne eine rund um begränzte kleine Fläche $d\Sigma$ zeichnet, über dieser aber einen Cylinder errichtet, dessen Seitenlinien mit x parallel sind, so schneidet diese Cylinderfläche offenbar eine gerade Anzahl unendlich kleiner Stückchen auf der Oberfläche des Körpers ab, und da die Seitenlinie des Cylinders (wenn nämlich jene Ebene aufserhalb der krummen Fläche so liegt, dafs die ganze krumme Fläche sich an einer und derselben Seite befindet) im ersten Puncte in den von der krummen Fläche umschlossenen Raum eindringt, im zweiten ihn wieder verläfst, u. s. w. so ist, wenn σ den Winkel zwischen der Normallinie der Fläche an dieser Stelle und der Seitenlinie des Cylinders bedeutet, σ abwechselnd spitz und stumpf. Nennt man das durch diesen Cylinder abgeschnittene Theilchen der Fläche $= d\varsigma'$ an der einen, $= d\varsigma''$ an der andern Stelle, so ist offenbar $d\Sigma$ sowohl die Projection des einen, wie des andern Theilchens und $d\varsigma' \text{Cos.}\, \sigma'$ ebenso grofs als $d\varsigma'' \text{Cos.}\, \sigma''$, wenn σ', σ'' die Werthe des Winkels der Normallinie und der Seite des Cylinders für beide kleine Flächenstücke sind; wegen der ungleichen Zeichen des Cosinus ist aber, wenn ich hier nur ein zweimaliges Einschneiden

1 Nouv. Mém. de l'acad. de Berlin pour l'année 1773.

2 Mém. presentées à l'acad. roy. des sc. Tome 10.

3 Mém. de l'acad. des sc. 1782. und Mécan. céleste Livre 3.

4 Philos. Transact for 1809.

5 Connois. des Tems. pour 1829.

6 Theoria attractionis corp. sphaeroidicorum ellipticorum homogeneorum, methodo nova tractata, auctore C. F. Gaufs. 1813.

annehme, $d\varsigma' \text{ Cos. } \sigma' + d\varsigma'' \text{ Cos. } \sigma'' = 0$. Da dieses für jeden solchen, den Körper durchschneidenden Cylinder gilt, so ist (I.) $\int d\varsigma \text{ Cos } \sigma = 0$, wenn man dieses Integral auf die ganze Oberfläche des Körpers ausdehnt.

Liegt jene Ebene, in welcher die Grundfläche unseres Cylinders sich befand, so, daſs für sie $x = \alpha$ ist, und für die Durchschnittspuncte mit der krummen Oberfläche des Körpers ist $x = x'$, $x = x''$, so ist der innerhalb des Körpers liegende Theil des Cylinders $= d\Sigma\,(x'' - x')$, oder da $d\Sigma = - d\varsigma' \text{ Cos. } \sigma' = d\varsigma'' \text{ Cos. } \sigma''$, jener Theil $= x'\, d\varsigma' \text{ Cos. } \sigma' + x''\, d\varsigma'' \text{ Cos. } \sigma''$, folglich der Inhalt des ganzen Körpers $= \int x\, d\varsigma \text{ Cos. } \sigma$, wenn dieses Integral auf die ganze Oberfläche bezogen wird. (II.)

Es sey nun jener Cylinder ganz mit Materie erfüllt, welche anziehend auf einen, durch die Coordinaten a, b, c, bestimmten Punct wirkt; irgend ein Punct des Cylinders sey durch die Coordinaten ξ, η, ζ, bestimmt, so daſs der Abstand beider Puncte von einander $\varrho = \surd\,[(a - \xi^2) + (b - \eta)^2 + (c - \zeta)^2]$ so ist jenes Punctes Attraction $= \frac{d\,\Sigma\,.\,d\,\xi}{\varrho^2}$, oder da, wenn man in demselben Cylinder bleibt, sich bloſs ξ ändert, und daher $(a - \xi)\, d\xi = - \varrho\, d\,\varrho$ ist, jene Attraction $= - \frac{d\Sigma\,.\,d\varrho}{\varrho\,(a - \xi)}$ woraus der Ordinate x parallel die Attraction $= - \frac{d\Sigma\,.\,d\varrho}{\varrho^2}$ hervorgeht, oder für den ganzen Cylinder, dessen Grundfläche $d\Sigma$ ist, die mit x parallele Attraction $= + d\Sigma \left\{\frac{1}{\varrho} - \text{Const.},\right\}$ oder wenn r', r'' die Werthe von ϱ an den Stellen sind, wo der Cylinder in die Oberfläche eindringt, der ganze Werth der mit x parallelen Attraction für den mit Materie erfüllten Theil des Cylinders $= \frac{d\Sigma}{r''} - \frac{d\Sigma}{r'} = \frac{d\varsigma'' \text{ Cos. } \sigma''}{r''} + \frac{d\varsigma' \text{ Cos. } \sigma'}{r'}$.

Also ist wieder, wenn die Integrale sich auf die ganze Oberfläche des anziehenden Körpers erstrecken, diese gesammte Attraction $= \int \frac{d\varsigma\,.\,\text{Cos. } \sigma}{r}$ mit x parallel, (III.) und eben so fände man die mit y und z parallele Attraction, wenn man nur statt σ den Winkel setzte, welchen y, z, mit der Normallinie der Oberfläche machen.

Man denke sich nun um den angezogenen Punct mit dem Halbmesser $= R$ eine Kugelfläche beschrieben, und ein Radius derselben treffe einen Punct eines kleinen Raumes $= d\Sigma$ auf dieser Kugelfläche. Verlängert man diesen Radius, so trifft er im Allgemeinen die Oberfläche des anziehenden Körpers ein, drei, fünf Male, wenn der angezogene Punct sich innerhalb des anziehenden Körpers befindet, und dagegen zwei, vier, sechs Male u. s. w., wenn er auſserhalb liegt; der Fall, da der angezogne Punct in des anziehenden Körpers Oberfläche liegt, gehört zum ersten Falle, wenn der Radius sich sogleich von des Körpers Oberfläche entfernt, zum zweiten Falle, wenn er grade hier in den Körper eindringt. Werden nun von dem angezognen Puncte aus Linien nach dem Umfange jener auf der Kugelfläche umgränzten kleinen Fläche $d\Sigma$ gezogen, welche die Oberfläche des anziehenden Körpers schneiden, so begrenzen diese auf derselben ein kleines Stück $= d\varsigma$. Denken wir uns durch diesen Flächentheil, dessen Abstand von eben jenem Mittelpuncte $= r$ sey, eine Projection dieses Stückes $d\varsigma$ auf einer Kugelfläche, so ist sie $= d\varsigma \operatorname{Cos.} \tau$ wenn τ der Winkel zwischen der Normallinie der krummen Fläche und dem Radius der Kugel ist. Da nun $d\Sigma$, auf der Kugelfläche vom Halbmesser $= R$, durch eben die konische Fläche begrenzt wird, die auf der Kugelfläche vom Halbmesser $= r$, das Stück $d\varsigma \operatorname{Cos.} \tau$ begrenzt, so ist $d\Sigma : d\varsigma \operatorname{Cos.} \tau = R^2 : r^2$. Schneiden also jene, das Theilchen $d\Sigma$ begrenzenden, Linien öfter in Entfernungen r', r'', r''' in die Oberfläche des anziehenden Körpers ein, so ist

$$d\varsigma' \operatorname{Cos.} \tau' = \frac{r'^2}{R^2} d\Sigma, \quad d\varsigma'' \operatorname{Cos.} \tau'' = \frac{-r''^2 d\Sigma}{R^2} \text{ u. s. w.}$$

wenn der angezogne Punct auſserhalb liegt, weil da τ' ein spizzer, τ'' ein stumpfer Winkel ist; liegt dagegen der angezogne Punct innerhalb, so ist $d\varsigma' \operatorname{Cos.} \tau' = \frac{-r'^2 d\Sigma}{R^2}$; $d\varsigma'' \operatorname{Cos.} \tau''$ $= + \frac{r''^2 d\Sigma}{R^2}$ u. s. w. wenn nämlich r' für den nächsten, r'' für den zweiten Punct vom Centro an gerechnet, gilt. Liegt nun der angezogne Punct auſserhalb des anziehenden Körpers, so ist beim Ellipsoid nur von zwei Puncten, wo jener Radius einschneidet, die Rede, und es ist $\frac{d\varsigma' \operatorname{Cos.} \tau'}{r'^2} + \frac{d\varsigma'' \operatorname{Cos.} \tau''}{r''^2} = 0$, also auch auf die ganze Oberfläche des anziehenden Körpers ausge-

dehnt $\int \frac{d\varsigma \, Cos. \tau}{r^2} = 0$; (IV. 1.); liegt der angezogne Punct innerhalb, so ist beim Ellipsoid nur ein einziger Einschnittspunct des Radius und $\frac{d\varsigma' \, Cos. \tau'}{r'^2} = \frac{-d\Sigma}{R^2}$, also $\int \frac{d\varsigma \, Cos. \tau}{r^2} = -\int \frac{d\Sigma}{R^2}$, auf die ganze Oberfläche des Ellipsoids bezogen $= \frac{-\text{ganze Kugelfläche}}{R^2} = -4\pi$.

Liegt der Punct in der Oberfläche selbst, so darf die Integration sich nur auf die eine, durch die Berührungsebne abgeschnittene Halbkugel erstrecken. In diesen verschiedenen Fällen ist also $\int \frac{d\varsigma . \, Cos. \tau}{r^2} = 0$, wenn der angezogne Punct ausserhalb (IV. 1.), $= -2\pi$, wenn er auf der Oberfläche (IV. 2.), $= -4\pi$, wenn er innerhalb (IV. 3) des anziehenden Körpers liegt.

Der körperliche Raum des Kegels, der seine Spitze im angezognen Puncte hat, und sich bis zur Entfernung $= r'$ erstreckt, ist $= -\frac{1}{3} r' . \, d\varsigma' \, Cos. \tau'$, weil $d\varsigma' \, Cos. \tau'$ der umgrenzte Theil der Kugeloberfläche ist; liegt nun der angezogne Punct innerhalb, so ist sogleich $-\int \frac{1}{3} r \, d\varsigma \, Cos. \tau$ auf die ganze Oberfläche des anziehenden Körpers bezogen, gleich seinem Inhalt, und auch wenn der Punct aufserhalb läge, so würde $-(\frac{1}{3} r'' \, d\varsigma'' \, Cos \, \tau'' + \frac{1}{3} r' \, d\varsigma' \, Cos. \tau')$ den Inhalt des innerhalb des anziehenden Körpers liegenden konischen Raumes ausdrücken, weil die Differenz zwischen dem ganzen bis r'' sich erstreckenden, und den aufserhalb bis r' sich erstreckenden Kegel, wegen der entgegengesetzten Zeichen der Cosinus als Summe erscheint, und auch hier ist also $-\frac{1}{3}\int r \, d\varsigma . Cos. \tau$, auf die ganze Oberfläche angewandt, der Inhalt des anziehenden Körpers. (V.)

Um nun die Attraction zu bestimmen, denken wir uns eine Schicht von der Dicke dr in jenem konischen Körper ausgeschnitten; der Inhalt dieser Schicht ist $= \frac{r^2 \, d\Sigma}{R^2} . dr$, und also die auf den Mittelpunct der Kugel ausgeübte Attraction

$$= \frac{r^2 \, d\Sigma \, dr}{R^2 . \, r^2},$$

wenn sie dem Quadrate der Abstände umgekehrt proportional ist. Des ganzen unendl. schmalen Kegels Attraction ist also $= \frac{r\, d\Sigma}{R^2}$, wenn man vom Scheitel an rechnet, oder allgemein

$$= (r'' - r') \frac{d\Sigma}{R^2}.$$

Liegt der Punct, welcher angezogen wird, außerhalb des Ellipsoids, so drückt die letzte Formel sogleich die ganze Attraction aus; liegt er innerhalb, so ist sie $= \frac{r'\, d\Sigma}{R^2}$, und jene ist auch $= -\frac{d\varsigma' \operatorname{Cos.} \tau'}{r'} - \frac{d\varsigma'' \operatorname{Cos.} \tau''}{r''}$, diese dagegen

$$= \frac{- d\varsigma' \operatorname{Cos.} \tau'}{r'}.$$

Aus dieser gesammten Attraction findet man die nach der Richtung der Abscissen x gerichtete Attraction, wenn man sie mit dem Cosinus des zwischen dem Radius r und der Richtung der x liegenden Winkels multiplicirt, also, wenn dieser φ heifst, $= -\int \frac{d\varsigma . \operatorname{Cos.} \tau . \operatorname{Cos.} \varphi}{r}$, (VI), wenn man dieses Integral auf die ganze Oberfläche des anziehenden Körpers ausdehnt.

Es sey nun $W = 0$ die Gleichung für die Oberfläche des Körpers, so ist

$$\operatorname{Cos.} \sigma = \frac{\pm \left(\frac{dW}{dx}\right)}{\sqrt{\left\{\left(\frac{dW}{dx}\right)^2 + \left(\frac{dW}{dy}\right)^2 + \left(\frac{dW}{dz}\right)^2\right\}}}$$

wenn σ den Winkel bedeutet, welchen irgendwo die Normallinie der krummen Fläche mit der Richtung der x macht [1]. Ob dieser Ausdruck und die entsprechenden, welche sich auf die beiden andern Coordinaten beziehen, positiv oder negativ sind, läfst sich so entscheiden: Wenn man auf der Normallinie in dem Abstande $= + dw$ einen zweiten Punct nimmt, dessen Abstand von dem vorigen sich aus dem Unterschiede seiner Coordinaten und derer des vorigen Punctes $= dx$, $= dy$, $= dz$, ergiebt, so ist $dx = dw . \operatorname{Cos.} \sigma$

1 Brandes höhere Geometrie. 2 Th. §. 249.

$$dy = dw. \,\mathrm{Cos.}\,'\sigma,$$
$$dz = dw. \,\mathrm{Cos.}\,''\sigma,$$

wenn $'\sigma$, $''\sigma$ eben das in Beziehung auf y, z bedeuten, was σ in Beziehung auf x, und es wird $dw = \sqrt{(dx^2 + dy^2 + dz^2)}$, zugeich aber

$$dW = \left\{ \left(\frac{dW}{dx}\right) \mathrm{Cos.}\,\sigma + \left(\frac{dW}{dy}\right) \mathrm{Cos.}\,'\sigma + \left(\frac{dW}{dz}\right) \mathrm{Cos.}\,''\sigma \right\} dw$$

so daſs von dem Puncte der Oberfläche an, wo $W = 0$ war, W um $dW = \pm dw \sqrt{\left\{ \left(\frac{dW}{dx}\right)^2 + \left(\frac{dW}{dy}\right)^2 + \left(\frac{dW}{dz}\right)^2 \right\}}$ wächst, wenn man sich von der Oberfläche entfernt. Hier gilt also das positive Zeichen, wenn W einen gröſsern Werth erlangt, indem man sich *auſserhalb* des Körpers von der Oberfläche desselben entfernt.

Wenn jener angezogne Punct, den wir vorhin als Mittelpunct der Kugel ansahen, durch Coordinaten a, b, c, bestimmt ist, so ist $a - x = r\,\mathrm{Cos.}\,\varphi$,

$$b - y = r\,\mathrm{Cos.}\,'\varphi$$
$$c - z = r\,\mathrm{Cos.}\,''\varphi,$$

indem φ und auf ähnliche Weise $'\varphi$, $''\varphi$, die Winkel zwischen dem Radius und der Richtung einer Ordinate bezeichnen.

Nach einem sehr bekannten Theorem ist ferner[1] $\mathrm{Cos.}\,\tau = \mathrm{Cos.}\,\sigma\,\mathrm{Cos.}\,\varphi + \mathrm{Cos.}\,'\sigma\,\mathrm{Cos.}\,'\varphi + \mathrm{Cos.}\,''\sigma\,\mathrm{Cos.}\,''\varphi$.

1 Dieses Theorem wird so bewiesen: Man nehme auf den beiden Linien, die von dem anziehenden Puncte ausgehend als Normallinie und als Kugeldurchmesser gezogen sind, den Abstand $= f$ auf der einen $= g$ auf der andern von jenem Puncte an, so ist die dritte Seite des Dreiecks, in welchem f, g, den Winkel τ einschlieſsen, $= \sqrt{(f^2 - 2fg\,\mathrm{Cos.}\,\tau + g^2)}$; aber eben diese Seite läſst sich auch durch die Differenzen der Coordinaten der Endpuncte beider Linien f, g angeben, und da die Coordinaten des Endpunctes der f sind

$$x + f\,\mathrm{Cos.}\,\sigma;\ y + f\,\mathrm{Cos.}\,'\sigma;\ z + f\,\mathrm{Cos.}\,''\sigma;$$

die Coordinaten des Endpunctes der g aber $x + g\,\mathrm{Cos.}\,\varphi$; $y + g\,\mathrm{Cos.}\,'\varphi$; $z + g\,\mathrm{Cos.}\,''\varphi$, so ist $f^2 - 2fg\,\mathrm{Cos.}\,\tau + g^2 = (f\,\mathrm{Cos.}\,\sigma - g\,\mathrm{Cos.}\,\varphi)^2 + (f\,\mathrm{Cos.}\,'\sigma - g\,\mathrm{Cos.}\,'\varphi)^2 + (f\,\mathrm{Cos.}\,''\sigma - g\,\mathrm{Cos.}\,''\varphi)^2$, also weil diese Werthe identisch seyn sollen, für jeden Werth von f und g, sowohl $1 = \mathrm{Cos.}^2\,\sigma + \mathrm{Cos.}^2\,'\sigma + \mathrm{Cos.}^2\,''\sigma = \mathrm{Cos.}^2\,\varphi + \mathrm{Cos.}^2\,'\varphi + \mathrm{Cos.}^2\,''\varphi$, als auch $\mathrm{Cos.}\,\tau = \mathrm{Cos.}\,\sigma\,\mathrm{Cos.}\,\varphi + \mathrm{Cos.}\,'\sigma\,\mathrm{Cos.}\,'\varphi + \mathrm{Cos.}\,''\sigma\,\mathrm{Cos.}\,''\varphi$.

$$= \frac{(a-x)\left(\frac{dW}{dx}\right)+(b-y)\left(\frac{dW}{dy}\right)+(c-z)\left(\frac{dW}{dz}\right)}{r\sqrt{\left(\left(\frac{dW}{dx}\right)^2+\left(\frac{dW}{dy}\right)^2+\left(\frac{dW}{dz}\right)^2\right)}}$$

Um die Integrationen zu erleichtern, ist es, wie GAUSS bemerkt, vortheilhaft, zwei andre veränderliche Gröſsen p, q einzuführen, und x, y, z, durch sie darzustellen. Sehen wir dann den ersten Punct der krummen Fläche als durch x, y, z, den zweiten als durch

$$x+\left(\frac{dx}{dp}\right)dp;\ y+\left(\frac{dy}{dp}\right)dp;\ z+\left(\frac{dz}{dp}\right)dp;$$

den dritten als durch

$$x+\left(\frac{dx}{dq}\right)dq;\ y+\left(\frac{dy}{dq}\right)dq;\ z+\left(\frac{dz}{dq}\right)dq;$$

den vierten als durch

$$x+\left(\frac{dx}{dp}\right)dp+\left(\frac{dx}{dq}\right)dq;$$
$$y+\left(\frac{dy}{dp}\right)dp+\left(\frac{dy}{dq}\right)dq;$$
$$z+\left(\frac{dz}{dp}\right)dp+\left(\frac{dz}{dq}\right)dq,$$

bestimmt an, so ist der Inhalt der Projection dieses Flächentheils auf die Ebene der y, z,

$$=\left\{\left(\frac{dy}{dq}\right)\left(\frac{dz}{dp}\right)-\left(\frac{dy}{dp}\right)\left(\frac{dz}{dq}\right)\right\}dp\,dq$$

und auf ganz ähnliche Weise werden die beiden übrigen Projectionen dieses Flächentheils ausgedrückt[1]. Dieses Flächentheils

1 Die Richtigkeit dieses Werthes läſst sich so übersehen. Es sey A die Projection des ersten Puncts, also OB = y, BA = z, U die Projection des zweiten Punctes, also $BC=\left(\frac{dy}{dp}\right)dp$; $CU=z+\left(\frac{dz}{dp}\right)dp$; Fig. 234.
V die Projection des dritten Punctes, also

$$BD=\left(\frac{dy}{dq}\right)dq;\ DV=z+\left(\frac{dz}{dq}\right)dq;$$

W die Projection des vierten Punctes, also

$$BE=\left(\frac{dy}{dp}\right)dp+\left(\frac{dy}{dq}\right)dq;$$
$$EW=z+\left(\frac{dz}{dp}\right)dp+\left(\frac{dz}{dq}\right)q;$$

und der Inhalt der Projection AUWV ist

wahre Gröfse aus allen drei Projectionen hergeleitet, ist

$$= dp\,dq \sqrt{\left\{ \left[\left(\frac{dx}{dp}\right)\left(\frac{dy}{dq}\right) - \left(\frac{dx}{dq}\right)\left(\frac{dy}{dp}\right)\right]^2 + \left[\left(\frac{dx}{dp}\right)\left(\frac{dz}{dq}\right) - \left(\frac{dx}{dq}\right)\left(\frac{dz}{dp}\right)\right]^2 + \left[\left(\frac{dy}{dp}\right)\left(\frac{dz}{dq}\right) - \left(\frac{dy}{dq}\right)\left(\frac{dz}{dp}\right)\right]^2 \right\}}.$$

Die Anwendung auf das Ellipsoid ist nun nicht schwer. Es sey $W = 0 = \frac{x^2}{A^2} + \frac{y^2}{B^2} + \frac{z^2}{C^2} - 1$, die Gleichung für das Ellipsoid, dessen drei halbe Axen A, B, C sind, so ist $\left(\frac{dW}{dx}\right) = \frac{2x}{A^2}$; $\left(\frac{dW}{dy}\right) = \frac{2y}{B^2}$; $\left(\frac{dW}{dz}\right) = \frac{2z}{C^2}$, und wenn man $\frac{x^2}{A^4} + \frac{y^2}{B^4} + \frac{z^2}{C^4} = \psi^2$ setzt, so ist $\text{Cos.}\,\sigma = \frac{x}{\psi A^2}$; $\text{Cos.}\,'\sigma = \frac{y}{\psi B^2}$; $\text{Cos.}\,''\sigma = \frac{z}{\psi C^2}$; $\text{Cos.}\,\tau = \frac{x}{\psi A^2}\frac{(a-x)}{r} + \frac{y}{\psi B^2}\frac{(b-y)}{r} + \frac{z}{\psi C^2}\frac{(c-z)}{r}$; indem $\text{Cos.}\,\varphi = \frac{a-x}{r}$ ist, $\text{Cos.}\,'\varphi = \frac{b-y}{r}$ $\text{Cos.}\,''\varphi = \frac{c-z}{r}$. Die neu einzuführenden Gröfsen p und q, sollen hier so bestimmt seyn, dafs $x = A\,\text{Cos.}\,p$;
$y = B\,\text{Sin.}\,p.\,\text{Cos.}\,q$;
$z = C\,\text{Sin.}\,p.\,\text{Sin.}\,q$, ist.

Wenn man hier p alle Werthe von $p = 0$ bis $p = 180°$ durchlaufen läfst, so erhält x alle Werthe, die im Ellipsoid vorkommen können, und y erhält alle Werthe von $y = 0$ bis $y = B\,\text{Cos.}\,q$; z aber alle Werthe von $z = 0$ bis $z = C\,\text{Sin.}\,q$; da nun y für jedes x und z einen doppelten Werth erhalten mufs, und da y alle Werthe von $y = -B$ bis $y = +B$ durchläuft, so mufs q sich von $q = 0$ bis $q = 360°$ ändern, um alle diese doppelten Werthe zu umfassen, und da eben das in Beziehung auf z gilt, so sind alle doppelten Integrale von $p = 0$ bis $p = 180°$ und von $q = 0$ bis $q = 360°$ zu nehmen.

$$= AG.\,FU - AF.\,GV$$
$$= FULH - GVMH,$$
$$= \left(\frac{dy}{dq}\right)\left(\frac{dz}{dp}\right) dp\,dq - \left(\frac{dy}{dp}\right)\left(\frac{dz}{dq}\right) dp\,dq.$$

Hier ist nun $\left(\frac{dx}{dp}\right) = - A \text{ Sin. } p$; $\left(\frac{dx}{dq}\right) = 0$, $\left(\frac{dy}{dp}\right) = B \text{ Cos. } p \text{ Cos. } q$; $\left(\frac{dy}{dq}\right) = - B \text{ Sin. } p \text{ Sin. } q$; $\left(\frac{dz}{dp}\right) = C \text{ Cos. } p \text{ Sin. } q$; $\left(\frac{dz}{dq}\right) = C \text{ Sin. } p \text{ Cos. } q$; also ist der Inhalt des Flächentheiles, den wir immer $= d\varsigma$ genannt haben $= dp\, dq \sqrt{[A^2 B^2 \text{ Sin.}^4 p \text{ Sin.}^2 q + A^2 C^2 \text{ Sin.}^4 p \text{ Cos.}^2 q + B^2 C^2 \text{ Sin.}^2 p \text{ Cos.}^2 p]} = ABC\, dp\, dq \sqrt{\left\{ \text{Sin.}^2 p \left(\frac{z^2}{C^4} + \frac{y^2}{B^4} + \frac{x^2}{A^4}\right)\right\}}$ $= ABC \text{ Sin. } p\, \psi\, dp\, dq.$

Die Attraction des ganzen Körpers nach einer mit x parallelen Richtung zerlegt, ward nach dem vorigen durch (III.)

$$= \int \frac{d\varsigma \text{ Cos. } \sigma}{r}$$

ausgedrückt, also hier durch

$$\iint BC\, dp\, dq \text{ Sin. } p \frac{x}{Ar}$$

$$= \iint ABC \frac{dp\, dq \text{ Sin. } p \text{ Cos. } p}{Ar} = ABC$$

aber eben diese Attraction ward auch (VI.) durch

$$= - \int \frac{d\varsigma \text{ Cos. } \tau \text{ Cos. } \varphi}{r}$$

$$\text{oder} = - \iint \frac{dp\, dq \text{ Sin. } p\, (a - x)}{r^3} ABC$$

$$\times \left\{ \frac{x\,(a - x)}{A^2} + \frac{y\,(b - y)}{B^2} + \frac{z\,(c - z)}{C^2} \right\}$$

ausgedrückt.

Wenn man diese beiden Gleichungen auf Ellipsoide von ungleichen Axen anwendet, und deshalb statt A die veränderliche Gröſse α setzt, statt B und C die veränderlichen Gröſsen β, γ, so erhellet, daſs bei gleichbleibendem B und C, der Werth von ξ sich dem Null nähert, indem A oder α immer gröſsere Werthe erlangt, die gesammte Attraction nähert sich dann dem Werthe $= 0$, und dies erklärt sich auch daraus leicht, weil das immer mehr, nur nach der Richtung *einer* Axe verlängerte Ellipsoid sich der Natur eines unendlichen Cylinders immer mehr nähert; bei einem sehr langen Cylinder aber, dessen halbe Axe $= A$ wäre, und in welchem der angezogne Punct um die Entfernung

= l von der Mitte läge, die Stücke, deren Länge = A — l ist, ihre gegenseitige Attraction aufhöben, und nur erst das um mehr als A — l entfernte = 2l lange Stück als wirksam anzusehen wäre, dieses aber offenbar immer desto schwächer wirkt, je grösser A und folglich A — l ist.

Es führt zu einer besonders merkwürdigen Folgerung, wenn man diejenigen Ellipsoide näher betrachtet, in welchen $\alpha^2 - \beta^2$ und zugleich $\alpha^2 - \gamma^2$ einen unveränderlichen Werth erhalten, das ist, diejenige Ellipsoide, die denselben Mittelpunct haben, und deren drei Hauptschnitte um dieselben Brennpuncte beschrieben sind, deren Brennpuncte nämlich um

$$\sqrt{(\alpha^2 - \beta^2)} = D;\ \sqrt{(\alpha^2 - \gamma^2)} = E;\ \sqrt{(\beta^2 - \gamma^2)} = \sqrt{(E^2 - D^2)}$$

vom Mittelpuncte abstehn.

Es erhellet, dafs durch die Veränderlichkeit von α auch r veränderlich wird, da x = A Sin. p war, und r von x abhängt. Wenn wir also $\alpha\,\xi = \iint \frac{dp\ dq\ \text{Cos.}\,p\ \text{Sin.}\,p}{r}$, differentiiren, und diese auf die Aenderungen von α sich beziehenden Differentiale mit δ bezeichnen, so ist

$$\alpha\,\delta\xi + \xi\,\delta\alpha = - \iint \frac{dp\ dq\ \text{Cos.}\,p\ \text{Sin.}\,p\ \delta r}{r^2}$$

und es ist, wenn alle drei Axen die Aenderungen leiden, welche dem constanten Werthe der $\alpha^2 - \beta^2$ und $\alpha^2 - \gamma^2$ gemäfs sind, $r\,\delta r = -(a - x)\,\delta x - (b - y)\,\delta y - (c - z)\,\delta z = -(a - x)$ $\text{Cos.}\,p\ \delta\alpha - (b - y)\ \text{Sin.}\,p\ \text{Cos.}\,q\ \delta\beta - (c - z)\ \text{Sin.}\,p\ \text{Sin.}\,q\ \delta\gamma$

$$= -(a - x)\,\frac{x}{\alpha}\,\delta\alpha - (b - y)\,\frac{y\,\delta\beta}{\beta} - (c - z)\,\frac{z\,\delta\gamma}{\gamma}$$

$$= -\alpha\,\delta\alpha \left\{ \frac{(a - x)\,x}{\alpha^2} + \frac{(b - y)\,y}{\beta^2} + \frac{(c - z)\,z}{\gamma^2} \right\}$$

weil $\alpha\,\delta\alpha = \beta\,\delta\beta = \gamma\,\delta\gamma$ seyn sollte, also ist

$$\alpha\,\delta\xi + \xi\,\delta\alpha = \delta\alpha \iint \frac{dp.\ dq.\ x\ \text{Sin.}\,p.\ U}{r^3}$$

wenn $U = \frac{(a - x)\,x}{\alpha^2} + \frac{(b - y)\,y}{\beta^2} + \frac{(c - z)\,z}{\gamma^2}$

ist. Der oben gefundene zweite Werth für ξ war

$$= - \iint \frac{dp.\ dq.\ \text{Sin.}\,p.\ (a - x)\ U}{r^3},$$

$$\text{also}\ \xi\,\delta\alpha = - \delta\alpha \iint \frac{a\,U\,dp\,dq\ \text{Sin.}\,p}{r^3} +$$

$$+ \delta \alpha \iint \frac{x\,U\,dp.\,dq.\,\mathrm{Sin.}p}{r^3},$$

also, wenn man dieses von dem Werthe des $(\alpha \delta \xi + \xi \delta \alpha)$ subtrahirt, bleibt $\alpha \delta \xi = \delta \alpha \iint \frac{dp.\,dq.\,a U.\,\mathrm{Sin.}\,p}{r^3}$.

Aber, wenn man aus der Gleichung (IV.), vermöge welcher $\int \frac{d\varsigma\,\mathrm{Cos.}\,\tau}{r^2}$ entweder $= 0$ oder $= -4\pi$ war, je nachdem der angezogne Punct aufserhalb oder innerhalb lag, hier $ABC \iint \frac{dp\,dq\,\mathrm{Sin.}\,p}{r^3} \left(\frac{x(a-x)}{A^2} + \frac{y(b-y)}{B^2} + \frac{z(c-z)}{C^2} \right)$ $= 0$ oder $= -4\pi$ setzt, so ist erstlich, wenn der angezogne Punct *aufser dem* Körper liegt, weil die letzte Formel jetzt $\alpha\beta\gamma \iint \frac{U\,\mathrm{Sin.}p\,dp\,dq}{r^3} = 0$ ist, $\alpha \delta \xi = 0$, also $\xi =$ Constans, und zweitens, wenn der angezogne Punct innerhalb liegt,

$$\alpha \delta \xi = -\frac{4\pi\,a\,\delta\alpha}{\alpha\beta\gamma}, \text{ das ist } \delta\xi = -\frac{4\pi\,a\,\delta\alpha}{\alpha^2\beta\gamma}.$$

Die erste dieser Gleichungen zeigt, dafs ξ constant bleibt, oder dafs die Attraction auf einen aufserhalb liegenden Punct nach der Richtung der x, welche $= ABC.\xi$ war, der ganzen Masse proportional ist, für alle Ellipsoide, deren drei Hauptschnitte Ellipsen um unveränderliche Brennpuncte beschrieben, sind; und dieser Satz gilt offenbar auch noch, wenn der angezogne Punct in der Oberfläche des Sphäroides selbst, oder dieser unendlich nahe liegt.

Soll also für ein gegebenes Ellipsoid die Attraction auf einen aufserhalb liegenden Punct, dessen Coordinaten a, b, c sind, bestimmt werden, so suche man erstlich ein um eben die Brennpuncte der Hauptschnitte beschriebnes Ellipsoid, dessen Oberfläche durch jenen Punct geht, und bestimme dann zweitens dieses Ellipsoids Attraction auf den Punct in seiner Oberfläche. Um das erste zu thun, sey α des neuen Ellipsoids halbe Axe, und $\beta = \surd(\alpha^2 - A^2 + B^2) = \surd(\alpha^2 - D^2)$; $\gamma = \surd(\alpha^2 - A^2 + C^2), = \surd(\alpha^2 - E^2)$, werden, wegen der vorausgesetzten Uebereinstimmung der Brennpuncte, die beiden andern halben Axen; zugleich aber soll $\frac{a^2}{\alpha^2} + \frac{b^2}{\alpha^2 - D^2} + \frac{c^2}{\alpha^2 - E^2} = 1$, seyn, oder $\alpha^6 - \alpha(D^2 + E^2 + a^2 + b^2 + c^2) + \alpha^2(D^2E^2 + a^2(D^2 + E^2) + b^2E^2 + c^2D^2) - a^2D^2E^2 = 0$. Diese Glei-

wahre Grösse aus allen drei Projectionen hergeleitet, ist

$$= dp\,dq \sqrt{\left\{\left[\left(\frac{dx}{dp}\right)\left(\frac{dy}{dq}\right) - \left(\frac{dx}{dq}\right)\left(\frac{dy}{dp}\right)\right]^2 + \left[\left(\frac{dx}{dp}\right)\left(\frac{dz}{dq}\right) - \left(\frac{dx}{dq}\right)\left(\frac{dz}{dp}\right)\right]^2 + \left[\left(\frac{dy}{dp}\right)\left(\frac{dz}{dq}\right) - \left(\frac{dy}{dq}\right)\left(\frac{dz}{dp}\right)\right]^2\right\}}.$$

Die Anwendung auf das Ellipsoid ist nun nicht schwer. Es sey $W = 0 = \frac{x^2}{A^2} + \frac{y^2}{B^2} + \frac{z^2}{C^2} - 1$, die Gleichung für das Ellipsoid, dessen drei halbe Axen A, B, C sind, so ist $\left(\frac{dW}{dx}\right) = \frac{2x}{A^2}$; $\left(\frac{dW}{dy}\right) = \frac{2y}{B^2}$; $\left(\frac{dW}{dz}\right) = \frac{2z}{C^2}$, und wenn man $\frac{x^2}{A^4} + \frac{y^2}{B^4} + \frac{z^2}{C^4} = \psi^2$ setzt, so ist $\text{Cos.}\,\sigma = \frac{x}{\psi A^2}$; $\text{Cos.}'\sigma = \frac{y}{\psi B^2}$; $\text{Cos.}''\sigma = \frac{z}{\psi C^2}$; $\text{Cos.}\,\tau = \frac{x}{\psi A^2}\frac{(a-x)}{r} + \frac{y}{\psi B^2}\frac{(b-y)}{r} + \frac{z}{\psi C^2}\frac{(c-z)}{r}$; indem $\text{Cos.}\,\varphi = \frac{a-x}{r}$ ist, $\text{Cos.}'\varphi = \frac{b-y}{r}$, $\text{Cos.}''\varphi = \frac{c-z}{r}$. Die neu einzuführenden Grössen p und q, sollen hier so bestimmt seyn, dass

$$x = A\,\text{Cos.}\,p;$$
$$y = B\,\text{Sin.}\,p.\,\text{Cos.}\,q;$$
$$z = C\,\text{Sin.}\,p.\,\text{Sin.}\,q, \text{ ist.}$$

Wenn man hier p alle Werthe von $p = 0$ bis $p = 180°$ durchlaufen lässt, so erhält x alle Werthe, die im Ellipsoid vorkommen können, und y erhält alle Werthe von $y = 0$ bis $y = B\,\text{Cos.}\,q$; z aber alle Werthe von $z = 0$ bis $z = C\,\text{Sin.}\,q$; da nun y für jedes x und z einen doppelten Werth erhalten muss, und da y alle Werthe von $y = -B$ bis $y = +B$ durchläuft, so muss q sich von $q = 0$ bis $q = 360°$ ändern, um alle diese doppelten Werthe zu umfassen, und da eben das in Beziehung auf z gilt, so sind alle doppelten Integrale von $p = 0$ bis $p = 180°$ und von $q = 0$ bis $q = 360°$ zu nehmen.

$$= AG.\,FU - AF.\,GV$$
$$= FULH - GVMH,$$
$$= \left(\frac{dy}{dq}\right)\left(\frac{dz}{dp}\right) dp\,dq - \left(\frac{dy}{dp}\right)\left(\frac{dz}{dq}\right) dp\,dq.$$

Hier ist nun $\left(\frac{dx}{dp}\right) = -A \text{ Sin. } p$; $\left(\frac{dx}{dq}\right) = 0$, $\left(\frac{dy}{dp}\right) = B \text{ Cos. } p \text{ Cos. } q$; $\left(\frac{dy}{dq}\right) = -B \text{ Sin. } p \text{ Sin. } q$; $\left(\frac{dz}{dp}\right) = C \text{ Cos. } p \text{ Sin. } q$; $\left(\frac{dz}{dq}\right) = C \text{ Sin. } p \text{ Cos. } q$; also ist der Inhalt des Flächentheiles, den wir immer $= d\varsigma$ genannt haben $= dp\, dq \sqrt{[A^2 B^2 \text{ Sin.}^4 p \text{ Sin.}^2 q + A^2 C^2 \text{ Sin.}^4 p \text{ Cos.}^2 q + B^2 C^2 \text{ Sin.}^2 p \text{ Cos.}^2 p]} = ABC\, dp\, dq \sqrt{\left\{ \text{Sin.}^2 p \left(\frac{z^2}{C^4} + \frac{y^2}{B^4} + \frac{x^2}{A^4}\right)\right\}}$
$= ABC \text{ Sin. } p\, \psi\, dp\, dq.$

Die Attraction des ganzen Körpers nach einer mit x parallelen Richtung zerlegt, ward nach dem vorigen durch (III.)

$$= \int \frac{d\varsigma \text{ Cos. } \sigma}{r}$$

ausgedrückt, also hier durch

$$\iint BC\, dp\, dq \text{ Sin. } p \frac{x}{Ar}$$

$$= \iint ABC \frac{dp\, dq \text{ Sin. } p \text{ Cos. } p}{Ar} = ABC$$

aber eben diese Attraction ward auch (VI.) durch

$$= -\int \frac{d\varsigma \text{ Cos. } \tau \text{ Cos. } \varphi}{r}$$

$$\text{oder} = -\iint \frac{dp\, dq \text{ Sin. } p\, (a-x)}{r^3} ABC$$

$$\times \left\{\frac{x\,(a-x)}{A^2} + \frac{y\,(b-y)}{B^2} + \frac{z\,(c-z)}{C^2}\right\}$$

ausgedrückt.

Wenn man diese beiden Gleichungen auf Ellipsoide von ungleichen Axen anwendet, und deshalb statt A die veränderliche Gröſse α setzt, statt B und C die veränderlichen Gröſsen β, γ, so erhellet, daſs bei gleichbleibendem B und C, der Werth von ξ sich dem Null nähert, indem A oder α immer gröſsere Werthe erlangt, die gesammte Attraction nähert sich dann dem Werthe $= 0$, und dies erklärt sich auch daraus leicht, weil das immer mehr, nur nach der Richtung *einer* Axe verlängerte Ellipsoid sich der Natur eines unendlichen Cylinders immer mehr nähert; bei einem sehr langen Cylinder aber, dessen halbe Axe $= A$ wäre, und in welchem der angezogne Punct um die Entfernung

chung giebt nur eine mögliche Wurzel für α^2 und bestimmt also das gesuchte Ellipsoid.

Es fehlt nun noch, dafs die Attraction des Ellipsoids auf einen in seiner Oberfläche liegenden Punct bestimmt werde. Hierfür erhalten wir, vermittelst der Gleichung

$$\delta\xi = \frac{-4\pi\, a\, \delta\alpha}{\alpha^2 \beta\gamma},$$

wenn wir für β, γ ihre Werthe setzen,

$$\delta\xi = \frac{-4\pi\, a\, \delta\alpha}{\alpha^2 \sqrt{[\alpha^2 - D^2]}\sqrt{(\alpha^2 - E^2)}}$$

eine Formel, die freilich nur durch Reihen kann integrirt werden.

Diese Formel giebt für die gesammte Attraction nach der Richtung der x

$$ABC\,\xi = -4\pi\, a\, ABC \int \frac{d\alpha}{\alpha^2 \sqrt{(\alpha^2 - D^2)}\sqrt{(\alpha^2 - E^2)}}$$

und wenn man hier $\frac{A}{\alpha} = t; -\frac{A\, d\alpha}{\alpha^2} = dt$ setzt diese Attraction $X = 4a\pi.\, BC \int \frac{dt}{\alpha^2 \sqrt{\left(1 - \frac{D^2}{\alpha^2}\right)}\sqrt{\left(1 - \frac{E^2}{\alpha^2}\right)}}$

$$X = \frac{4a\,\pi\, BC}{A^2} \int \frac{t^2\, dt}{\sqrt{\left\{1 - t^2\left(1 - \frac{B^2}{A^2}\right)\right\}}.\sqrt{\left\{1 - t^2\left(1 - \frac{C^2}{A^2}\right)\right\}}}$$

und hier zeigt sich, dafs bei gegebenem a, das ist bei gegebener Lage des angezogenen Punctes gegen den Mittelpunct des Ellipsoides diese ganze Attraction einerlei bleibt, wenn das Axen-Verhältnifs $\frac{B}{A}, \frac{C}{A}$ unverändert bleibt; denn das von $t = 0$ bis $t = 1$ genommene Integral ändert seinen Werth nur, wenn diese Verhältnisse sich ändern.

Diese Integration giebt nun auch den Werth der mit x parallelen Attraction, wenn der angezogne Punct auf der Oberfläche des Sphäroids selbst liegt und in Beziehung auf die Attraction gegen den aufserhalb liegenden Punct müfsten wir nur die Anwendung auf dasjenige Ellipsoid machen, dessen Axe α wir vorhin durch die cubische Gleichung bestimmten. Und so ist das Problem aufgelöset, indem wir zuletzt die Attraction nach Verhältnifs der Massen gehörig herabsetzten. Beim Sphäroid ist B = A, wenn es ein um die Axe = 2 C rundes Sphäroid ist, also

$$X = \frac{4\pi\, a\, C}{A} \int \frac{t^2\, dt}{r\left(1 - \frac{E^2}{A^2}\, t^2\right)}.$$

Es sey $\frac{E}{A}\, t = \text{Sin.}\, \omega$, also

$$X = \frac{4\pi\, a\, C A^2}{E^3} \int \text{Sin.}^2\, \omega\, d\omega$$

$$= \frac{4\pi\, a\, C A^2}{E^3} \int d\omega\, (\tfrac{1}{2} - \tfrac{1}{2}\, \text{Cos.}\, 2\omega),$$

$$= \frac{2\pi\, a\, C A^2}{E^3}\, [\omega - \tfrac{1}{2}\, \text{Sin.}\, 2\omega],$$

oder da das Integral von $t = 0$ bis $t = 1$ genommen werden soll, so muſs man für das vollständige Integral $\text{Sin.}\, \omega = \frac{E}{A}$ setzen, so daſs die Attraction auch $= \frac{2\pi\, a\, \text{Cos.}\, \omega}{\text{Sin.}^3\, \omega}\, (\omega - \tfrac{1}{2}\, \text{Sin.}\, 2\omega)$ ist. Wäre $C > A$, so lieſse sich das alsdann logarithmische Integral auch leicht finden.

Die Attractionen parallel mit den beiden übrigen Axen werden nun auch leicht dargestellt.

5. Auf die Gesetze der Gravitation gründet sich auch die Bestimmung der Massen der Planeten in Vergleichung gegen die Masse der Sonne. Indem wir nämlich annehmen, daſs die Attraction in gleichen Entfernungen nur der Masse des anziehenden Körpers proportional sey, so haben wir nur nöthig, aus den Bewegungen der Monde eines Planeten zu bestimmen, wie groſs seine Attraction in gegebener Entfernung ist.

Da wir die Bahnen der Planeten und der Monde als Kreise ansehen dürfen, so ist für einen in der Entfernung $= r'$ von der Sonne laufenden Planeten dessen Umlaufszeit $= T'$ ist, die Gröſse der Attraction[1] $= \frac{2\pi^2\, r'}{g\, T'^2}$, und eben diese Attraction würde in der Entfernung $r'' = \frac{2\pi^2\, r'^3}{g r''^2\, T'^2}$ seyn. Gesetzt nun ein Mond bewege sich in der Entfernung $= r''$ um den Jupiter in der Zeit $= T''$, so wäre des Jupiters Anziehungskraft in der Entfernung $r'' = \frac{2\pi^2\, r''}{g\, T''^2}$; also die Attraction der Sonne zu der des Jupiter

1 Art. *Centralbewegung*. Th. II. S. 64.

$= \frac{r'^3}{T'^2} : \frac{r''^3}{T''^2}$ oder die Massen verhalten sich direct wie die Cubi der Abstände und umgekehrt wie die Quadrate der Umlaufszeiten der um den anziehenden Körper laufenden Planeten oder Monde. Wäre der Abstand des Mondes von der Erde genau $= \frac{1}{400}$ des Abstandes der Erde von der Sonne, und die Zeit eines Mond-Umlaufs genau gleich $\frac{1}{13}$ eines Jahres, so wäre

$$\text{Masse der Sonne} : \text{Masse der Erde}$$
$$= \frac{400^3}{13^2} : 1 = 378698 : 1.$$

Genauere Bestimmungen geben sie[1] = 334936 : 1.

Eben diese Bestimmung der Masse findet bei Jupiter, Saturn und Uranus statt, weil sie Monde zu begleiten haben; die Masse der übrigen Planeten kann nur durch die von ihnen ausgeübten Störungen bestimmt werden.

Die Masse der Erde und ihre mittlere Dichtigkeit in Vergleichung gegen die Dichtigkeit des Wassers hat man auf verschiedene Weise durch Beobachtung der von irdischen Gegenständen ausgeübten Attractionen zu bestimmen gesucht[2].

B.

Gröſse.

Scheinbare Gröſse, *magnitudo apparens*; Grandeur apparente, *apparent magnitude*, eines Gegenstandes ist die scheinbare Entfernung seiner äuſsersten Grenzen von einander. Bezieht man den Ausdruck *scheinbare Gröſse* auf Kugeln oder überhaupt auf Körper, die sich uns kreisförmig zeigen, so wird die scheinbare Gröſse durch den scheinbaren Durchmesser bestimmt, das ist durch den Winkel, welchen zwei von den entgegengesetzten Enden des Durchmessers nach unserm Auge gezogene gerade Linien mit einander machen. Beziehen wir den Ausdruck auf andere Gegenstände, so

1 So hat Laplace sie in der 1824 erschienenen 5ten Ausgabe d. Expos. du syst. du monde.

2 Vgl. Art. *Erde*. Th. III. S. 940.

müssen wir näher bestimmen, nach welcher Dimension die scheinbare Gröſse genommen werden soll. Die scheinbare Länge einer geraden Linie ist der Winkel, welchen die von beiden Endpuncten derselben an das Auge gezogenen geraden Linien mit einander machen; dieser Winkel kann, selbst bei gleichbleibender Entfernung vom Auge, sehr ungleich seyn, je nachdem die Linie einen rechten oder spitzen Winkel mit der vom Auge aus sie treffenden Linie macht, und unser Urtheil über die wahre Länge der Linie bleibt daher aus doppeltem Grunde unsicher, wenn wir weder die Entfernung noch die Lage der geraden Linie gegen die Gesichtslinie näher kennen. Der Winkel, den wir so bestimmen, heiſst anch der Sehewinkel (angulus visionis.)

Um die genaue scheinbare Gröſse eines Gegenstandes zu bestimmen, muſs man sich daher eines Winkelmessers bedienen, und sie in Graden, Minuten und Secunden angeben. Die so häufig vorkommenden Angaben, daſs der Durchmesser einer am Himmel baobachteten Feuerkugel oder andern Erscheinung eine Elle groſs erschienen sey, und ähnliche Bestimmungen sind ganz unbrauchbar, da eine Elle in 12 Zoll Entfernung vom Auge eine ganz andre scheinbare Gröſse, als in 12 Fuſs Entfernung hat, u. s. w.

Wenn es Gegenstände sind, deren Gröſse und Lage man kennt, so läſst sich aus der scheinbaren Gröſse die Entfernung bestimmen, und hierauf gründet sich sehr oft die Entfernungsbestimmung nach dem *Augenmaaſs*, wenn man für sein Auge die Entfernung weiſs, wo man noch die einzelnen Dachziegel auf den Häusern, oder ähnliche Gegenstände erkennt. Daſs auch so angewandt, das Augenmaſs trügen kann, indem wir zuweilen bei reiner Luft selbst in bedeutender Entfernung kleine Gegenstände unterscheiden, die wir zu andrer Zeit nicht erkennen, ist bekannt; indeſs ist diese Benutzung der scheinbaren Gröſse zur Bestimmung der Entfernungen doch eine an sich nicht unrichtige.

Die scheinbare Gröſse eines Gegenstandes ist also in jeder Lage eine völlig bestimmte, die sich aus der Entfernung, Lage und wahren Gröſse des Gegenstandes berechnen läſst. Hat eine gerade Linie eine solche Lage, daſs die nach ihrer Mitte vom Auge aus gezogene Gesichtslinie sie senkrecht trifft, so ist die

Tangente der halben scheinbaren Länge

$$= \frac{\text{Halbe wahre Länge}}{\text{Entfernung der Mitte vom Auge}}.$$

Einer Kugel scheinbare Gröfse $= \varphi$ ist so bestimmt, dafs $\text{Tang.}\ \frac{1}{2}\varphi = \frac{R}{A}$ ist, wenn A den Abstand des Mittelpuncts vom Auge und R den Halbmesser der Kugel bedeutet.

Aber so fest bestimmt dieser wahre Werth der scheinbaren Gröfse ist, so wenig bestimmt ist dagegen unser Urtheil über scheinbare Gröfse, wenn wir diese nicht abmessen, sondern blofs unserm Auge trauen, worauf dann eine Menge der sogenannten *Augentäuschungen* beruhen. Indem aber die Untersuchungen über scheinbare Gröfse und Entfernung der Gegenstände, über die Art, wie wir beide wechselseitig zur Beurtheilung der wahren Gröfse und Entfernung benutzen und die hierbei unvermeidlichen Augentäuschungen, bereits im Artikel *Gesicht* mitgetheilt sind, so übergehe ich dieses hier mit Stillschweigen.

Die Beurtheilung der scheinbaren Gröfse eines im Fernrohre gesehenen Gegenstandes ist ähnlichen Täuschungen unterworfen, als diejenigen sind, welche beim unbewaffneten Auge statt finden, indem uns dabei ebenfalls eine Bestimmung der Entfernung der Gegenstände fehlt. Wenn man jemanden, der selten durch Fernröhre gesehen hat, einen sehr entfernten Gegenstand etwa in einem 20 mal vergröfsernden Fernrohre zeigt, so hört man oft das Urtheil: ich sehe mit blofsen Augen fast eben so gut. Diese Beobachter erwarten nämlich, dafs sie sehr kleine Theile des entfernten Gegenstandes noch deutlich sehen müfsten, was doch wegen mangelnder Erleuchtung und wegen der Dünste in der Luft nicht in dem Grade möglich ist, wenn die Gegenstände sehr entfernt sind; daher schätzt ein ungeübter Beobachter den Werth einer 15 maligen oder 20 maligen Vergröfserung am besten, wenn man das Fernrohr auf Gegenstände richtet, die 3000 oder 4000 Fufs entfernt sind, weil er da gewahr wird, dafs jeder kleine Theil des Gegenstandes sich noch in überraschender Deutlichkeit zeigt. Noch mehr wird ein falsches Urtheil über die Vergröfserung sichtlich, wenn man Himmelskörper durch ein stark vergröfserndes Fernrohr betrachtet. Da man hier den Gegenstand ganz isolirt sieht, und keine Vergleichung mit derjenigen scheinbaren Gröfse, welche das blofse

Auge zeigt, anzustellen pflegt, so schätzt man gewöhnlich die Vergröſserung schwächer als sie ist, indem man glaubt, daſs eine Vergröſserung von 50 mal, 80 mal im Durchmesser, einen viel gröſsern Eindruck machen müſste. Das beste Mittel, um sich da von der wirklich statt findenden scheinbaren Gröſse zu überzeugen, ist, daſs man mit dem einen unbewaffneten Auge auf Gegenstände vor dem Fernrohre sieht, während man mit dem andern Auge den Mond oder einen Planeten im Fernrohre betrachtet; wenn man da sieht, daſs der im Fernrohre gesehene Mond die ganze mit bloſsem Auge gesehene Wand bedeckt, daſs die Venus eben so groſs erscheint als ein erheblich groſser Kreis, den man etwa an der Wand befestigt, so gelangt man zu einer richtigen Schätzung der im Fernrohre erscheinenden scheinbaren Gröſse. *B.*

Grundkräfte; S. Kräfte.

Grundlage,

salzfähige; base salifiable; *salifiable basis.* Hierunter ist ein jeder den Säuren mehr oder weniger entgegengesetzter Körper zu verstehen, welcher fähig ist, sich mit ihm zu vereinigen, ihren sauren Charakter mehr oder weniger aufzuheben, und eine mehr neutrale Verbindung, die man dann Salz nennt, damit zu erzeugen. Diese salzfähigen Basen, oder Salzbasen sind theils unorganische Verbindungen, wie Ammoniak und viele Metalloxyde (welche noch in fixe Alkalien, Erden und salzfähige schwere Metalloxyde getheilt werden können) theils organische Verbindungen, die bereits Th. I S. 284 genannt sind.

Grundlage, säurefähige; base acidifiable; *acidifiable basis.* Hierunter versteht man 1. jeden einfachen oder zusammengesetzten Körper, welcher mit Sauerstoff eine oder mehrere Säuren bildet (Schwefel, Cyan, Arsenik); 2. wenn man in den Wasserstoffsäuren den Wasserstoff als das säuernde Princip ansieht, so sind auch alle Stoffe, welche mit Wasserstoff eine Säure bilden, als säurefähige Basen zu betrachten, z. B. (Chlor, Cyan, Tellur); sieht man umgekehrt in diesen Säuren die elektronegativen Stoffe als die säuernden an, so ist dann der

Wasserstoff als die säurefähige Grundlage in allen Wasserstoffsäuern anzunehmen.

Grundlage, wägbare; base ponderable; *ponderable basis.* Da alle elastische Flüssigkeiten Verbindungen der Wärme mit einem wägbaren Stoffe sind, so unterscheidet man diese wägbaren Bestandtheile eines jeden Gases durch den Namen: *wägbare Basis.* *G.*

Ende des vierten Bandes.

BAYERISCHE STAATS-BIBLIOTHEK MUENCHEN

BSB Bayerische StaatsBibliothek
MDZ Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Gehler, Johann Samuel Traugott

Johann Samuel Traugott Gehler's Physikalisches Wörterbuch

Bd.: 4,2

Leipzig 1828

Phys.g. 619 s-4,2
urn:nbn:de:bvb:12-bsb10132356-2